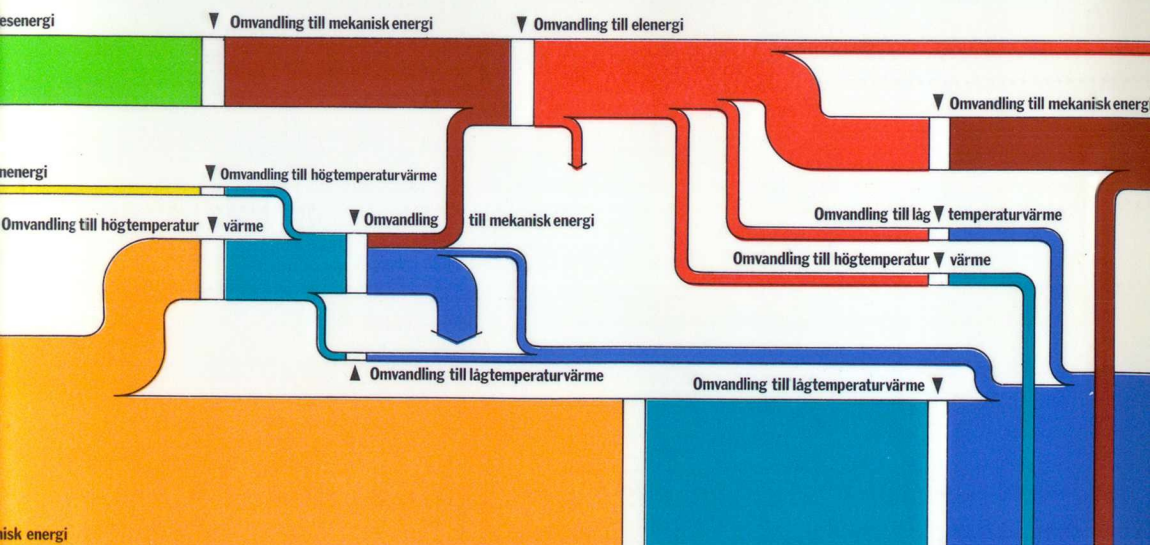


*Ref*

# Energiforskning



Ur KB:s samlingar

Digitaliserad år 2013



National Library of Sweden

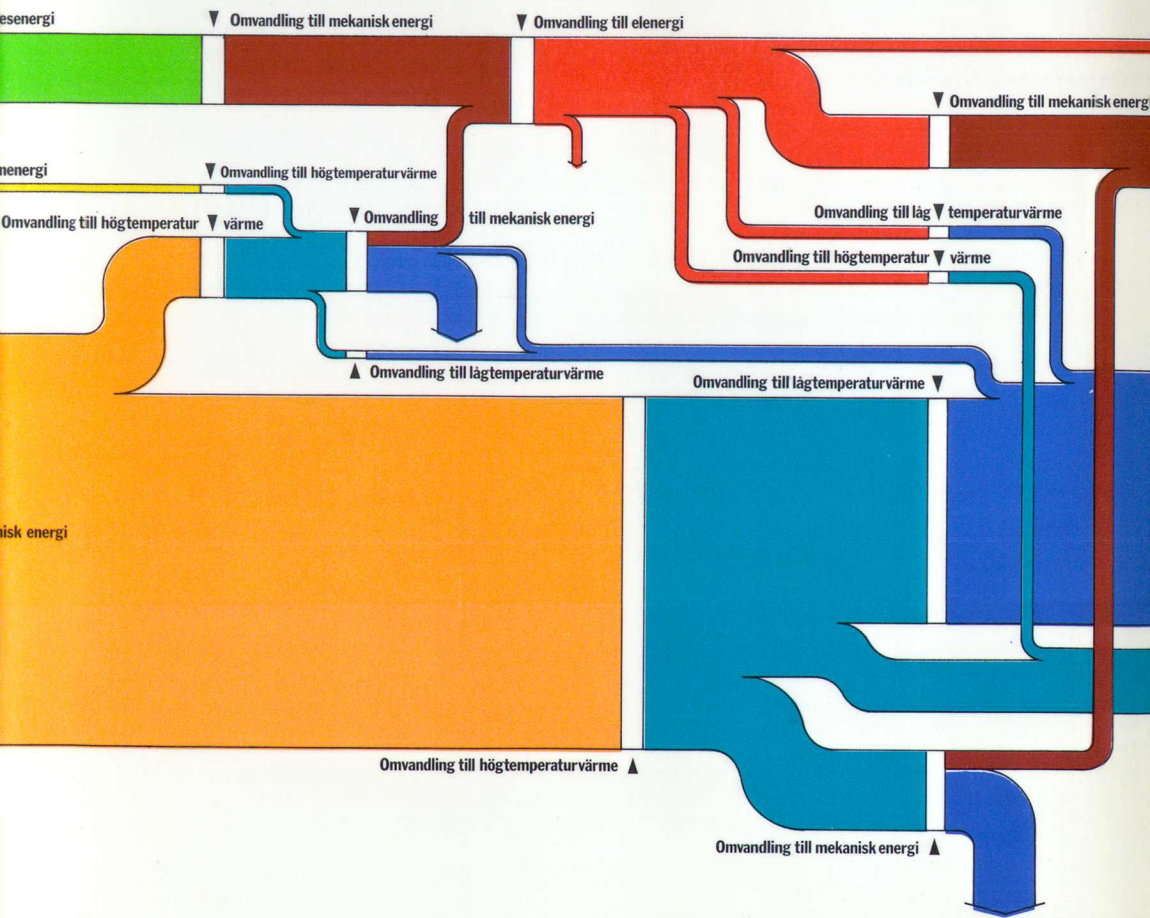
Omvandling till högtemperaturvärme ▲

Omvandling till mekanisk energi ▲

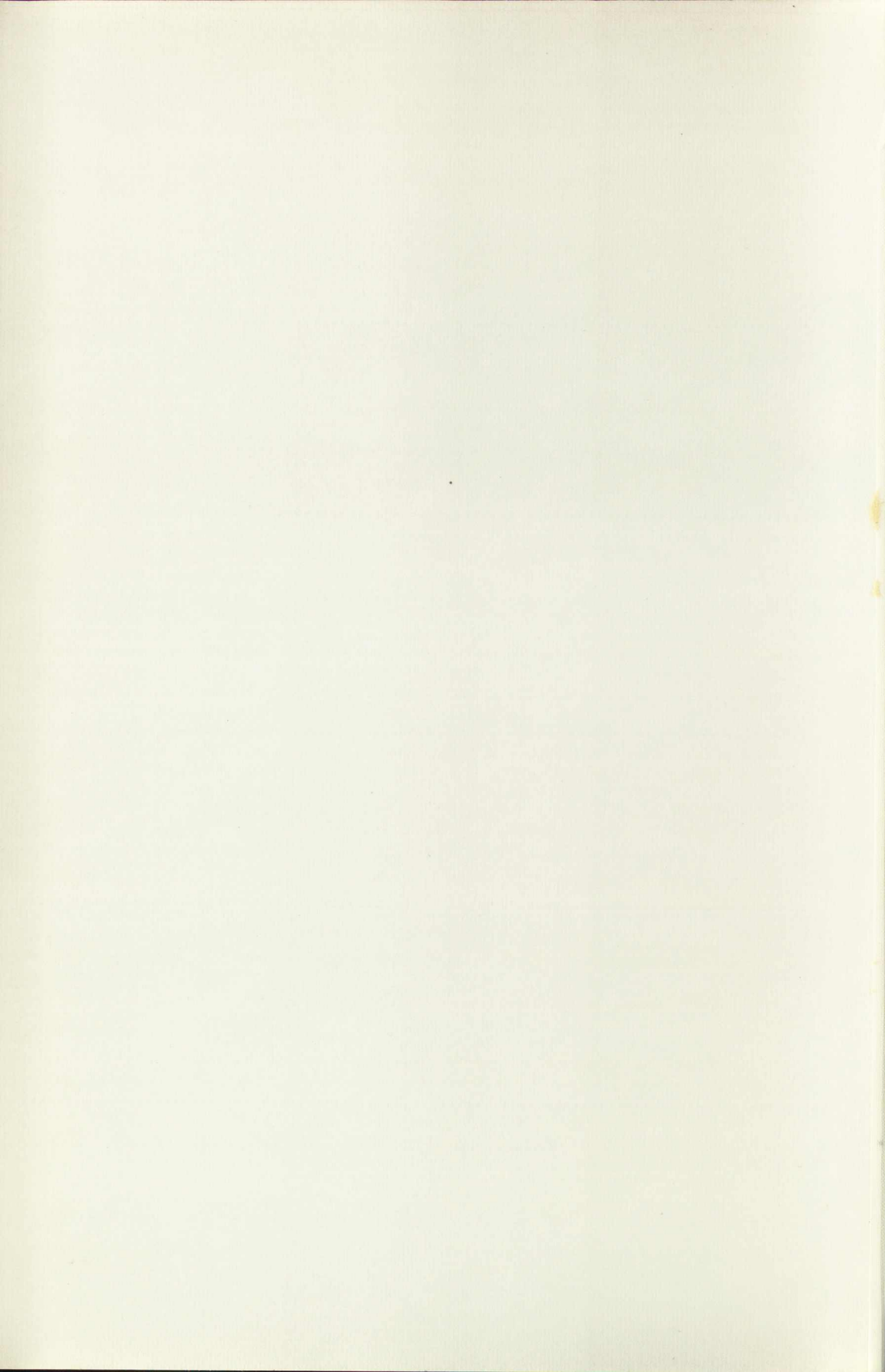
Program för forskning och utveckling

*Ref*

# Energiforskning



Program för forskning och utveckling





Statens offentliga utredningar  
SOU 1974:72  
Industridepartementet

# Energiforskning

Program för forskning  
och utveckling

Betänkande avgivet  
av Energiprogramkommittén  
Stockholm 1974

Omslag Håkan Lindström  
ISBN 91-38-02077-7  
Göteborgs Offsettryckeri AB  
Stockholm 1974

Omslagsbilden illustrerar i stiliserad form en energitekniskt och marknadsmässigt orienterad beskrivning av den svenska energiförsörjningen år 1971. Se vidare moment 2.2.3 i betänkandet.

## Till statsrådet och chefen för industridepartementet

Chefen för industridepartementet tillkallade den 28 december 1973 en programkommitté för att utarbeta förslag till forsknings- och utvecklingsarbete inom energiområdet. Som sakkunniga utsågs generaldirektör Lars Lindmark, tillika ordförande, riksdagsman Staffan Burenstam Linder, professor Gunnar Hambræus, riksdagsman Kjell Nilsson, direktör Bengt Sjönell, planeringsdirektör Jörn Svensson, partisekreterare Carl Tham, statssekreterare Inga Thorsson och överingenjör Sigfrid Wennerberg. De sakkunniga antog namnet *energiprogramkommittén*.

Kommittén överlämnar härmed sitt betänkande jämte ett omfattande expertmaterial, vilket bildat underlag för kommitténs ställningstaganden. I en särskild bilaga överlämnas vidare ett antal idé-promemorior, vilka utarbetats på kommitténs uppdrag av fristående forskare.

Kommitténs arbete har bedrivits under stor tidspress och kommittén har härvid valt att söka slutföra utredningsarbetet inom den i direktiven angivna tidsramen. Som en följd härav har textmaterialet inte på sedvanligt sätt kunnat detaljgranskas av ledamöterna.

Jörn Svensson har icke deltagit i utredningens arbete. Reservationer har avgivits av Sjönell och Tham samt särskilda yttranden av Thorsson och experten Dick Lundqvist.

Stockholm den 9 september

*Lars Lindmark*

*Gunnar Hambræus*

*Staffan Burenstam Linder*

*Kjell Nilsson*

*Bengt Sjönell*

*Carl Tham*

*Inga Thorsson*

*Sigfrid Wennerberg*

*/Jan-Eric Österlund*

*Bo C Johanson*



# Innehåll

1	<i>Inledning</i> .....	9
1.1	Utredningens syfte och arbetsuppgifter .....	9
	1.1.1 FoU-programmets syfte .....	9
	1.1.2 Energiförsörjningssystemet .....	10
	1.1.3 Avgränsning av FoU-begreppet .....	11
1.2	Utredningens organisation .....	12
	1.2.1 Ledamöter .....	12
	1.2.2 Expertmaterial, sponsorer och facksekreterare .....	12
1.3	Arbetets uppläggning .....	15
1.4	Andra utredningar .....	18
	1.4.1 Energiognosutredningen .....	19
	1.4.2 Närförläggningens utredningen .....	19
	1.4.3 Utredningen om radioaktivt avfall .....	20
	1.4.4 Delegationen för forskning rörande kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor .....	20
	1.4.5 Övrigt .....	20
1.5	Sammanfattning .....	21
2	<i>Energiförsörjningen</i> .....	24
2.1	Den globala energiförsörjningen .....	24
	2.1.1 Hittillsvarande utveckling och nuvarande konsumtions- mönster .....	24
	2.1.2 Energireservernas storlek .....	27
	2.1.3 Tänkbara framtida utvecklingslinjer .....	29
2.2	Sveriges energiförsörjning .....	35
	2.2.1 En "sektororienterad" beskrivning av energiförsörj- ningen .....	35
	2.2.2 En energitekniskt orienterad beskrivning av energi- försörjningen .....	38
	2.2.3 En energitekniskt och marknadsmässigt orienterad beskrivning av energiförsörjningen .....	42
2.3	Sveriges framtida energiförsörjning .....	45
3	<i>Pågående forskning och utveckling inom energiområdet</i> ...	49
3.1	Inledning .....	49
3.2	Enkäten .....	50



3.3	Ytterligare beskrivning av pågående forskning och utveckling	52
3.3.1	Uranprospektering och uranutvinning	52
3.3.2	Urananrikning	53
3.3.3	Plutoniumåterföring	54
3.3.4	Lättvattenreaktorer	54
3.3.5	Gaskylda högttemperaturreaktorer	55
3.3.6	Bridreaktorer	56
3.3.7	Vattenkraft	56
3.3.8	Värmekraftverk och turbiner	57
3.3.9	MHD-generatorer	57
3.3.10	Pumpkraftverk och luftmagasinkraftverk	58
3.3.11	Eldistribution	58
3.3.12	Distribution och ackumulering av värme	58
3.3.13	Distribution och ackumulering av gas	59
3.3.14	Konvertering och/eller förbränning av fasta bränslen	59
3.3.15	Energi ur biosystem	60
3.3.16	Strömkällor i nya energisystem	60
3.3.17	Fusionsenergi	61
3.3.18	Energianvändning inom industrin	61
3.3.19	Energianvändning för transporter och samfärdsel	62
3.3.20	Energianvändning för byggande, lokalkomfort och hushåll	63
3.4	Anslagsformer och organisation	63
3.4.1	Industridepartementet och därtill knutna organ	63
3.4.2	Utbildningsdepartementet och därtill knutna organ	65
3.4.3	Bostadsdepartementet och därtill knutna organ	66
3.4.4	Övriga allmänna organ	66
3.4.5	Allmänna medel för energi-FoU	67
3.4.6	Företag och andra organisationer	67
4	<i>Internationell energi-FoU</i>	69
4.1	Policyfrågor i internationellt perspektiv	69
4.1.1	Behovet av långsiktig energi-FoU	70
4.2	Forskningssituationen	70
4.2.1	Energisituationen	72
4.2.2	Forsknings- och utvecklingskostnader	72
4.2.3	Nationsvis genomgång	75
4.3	Internationellt samarbete	91
4.3.1	Polycyskapande arbete	91
4.3.2	Forsknings- och utvecklingssamarbete	95
5	<i>Behov av energi-FoU - en sammanfattning av expertmaterialet</i>	99
5.1	Inledning	99
5.2	Fissionsenergi	103
5.2.1	Uranprospektering och -utvinning	103
5.2.2	Urananrikning	103

5.2.3	Plutoniumåterföring . . . . .	104
5.2.4	Lättvattenreaktorer . . . . .	104
5.2.5	Gaskylda högtemperaturreaktorer och övriga termiska system . . . . .	105
5.2.6	Snabba brydreaktorer . . . . .	106
5.3	Konventionell elproduktion . . . . .	107
5.3.1	Vattenkraft . . . . .	107
5.3.2	Värme kraftverk och turbiner . . . . .	108
5.3.3	MHD-generatorer . . . . .	108
5.3.4	Pumpkraftverk och luftmagasinkraftverk . . . . .	108
5.3.5	Eldistribution . . . . .	109
5.4	Distribution och ackumulering av värme . . . . .	109
5.5	Distribution och ackumulering av gas . . . . .	110
5.6	Organiska bränslen . . . . .	111
5.6.1	Konvertering och/eller förbränning av fasta bränslen . . . . .	111
5.6.2	Energiodlingar . . . . .	116
5.6.3	Nyttiggörande av solstrålning via biosystem . . . . .	116
5.7	Nya energisystem . . . . .	117
5.7.1	Tekniska systemstudier . . . . .	117
5.7.2	Strömkällor i nya energisystem . . . . .	118
5.8	Övriga energislag . . . . .	118
5.8.1	Fusionsenergi . . . . .	118
5.8.2	Vindenergi . . . . .	119
5.8.3	Geotermisk energi . . . . .	120
5.8.4	Omvandling av solstrålning till elenergi . . . . .	120
5.9	Energianvändning inom industrin m m . . . . .	121
5.9.1	Järn-, stål-, metall- och verkstadsindustri . . . . .	122
5.9.2	Petroleum-, kemi-, plast- och gummiindustri . . . . .	130
5.9.3	Massa-, pappers- och träfiberplattindustri . . . . .	131
5.9.4	Jord- och stenvaruindustri . . . . .	133
5.9.5	Övrig industri . . . . .	134
5.9.6	Jordbruk och skogsbruk . . . . .	134
5.10	Energianvändning för transporter och samfärdsel . . . . .	135
5.11	Energianvändning för byggande, lokalkomfort och hushåll . . . . .	137
6	<i>Programstruktur och prioriteringsgrunder</i> . . . . .	143
6.1	Programnivåer . . . . .	143
6.2	Huvudprogrammets bredd, avgränsning och omfattning . . . . .	144
6.2.1	Ett brett upplagt FoU-program . . . . .	144
6.2.2	FoU-programmets avgränsning gentemot grundforskning och produktutveckling . . . . .	147
6.2.3	Avvägning av huvudprogrammets omfattning . . . . .	149
6.3	Programstruktur . . . . .	151
6.3.1	Kriterier för programindelning . . . . .	151
6.3.2	FoU-programmens karaktär inom olika verksamhetsområden . . . . .	152
7	<i>Kommitténs programförslag</i> . . . . .	155
7.1	Energiproduktion . . . . .	156

7.1.1	Fissionsenergi	163
7.1.2	Konventionell elkraft- och värmeproduktion	167
7.1.3	Spillvärmeutnyttjande	168
7.1.4	Olja och naturgas	169
7.1.5	Organiska bränslen som substitut för olja	169
7.1.6	Nya energisystem	171
7.1.7	Övriga energislag	173
7.2	Energianvändning i industriella processer	174
7.2.1	Processer i egentlig industri	175
7.2.2	Jord- och skogsbruk	176
7.3	Energianvändning för transporter och samfärdsel	179
7.3.1	Transportsystemen	179
7.3.2	Energianvändning i drivsystem	181
7.4	Energianvändning för lokalkomfort – boende och arbetsmiljö	182
7.4.1	Klimathygien	185
7.4.2	Byggnaden	186
7.4.3	Installations- och apparatteknik	187
7.4.4	Entreprenader	189
7.4.5	Systemfrågor jämte information och utbildning	190
7.5	Återvinning av energikrävande varor	191
7.6	Allmänna energisystemstudier	192
7.6.1	Information och dokumentation	193
7.6.2	Systemstudier	193
7.7	Sammanfattning av kommitténs programförslag	194
8	<i>Forskningsresurser och resursstyrning</i>	197
8.1	Samordning av huvudprogrammet	199
8.2	Programansvariga organ	200
8.3	FoU-utförande nivå	201
	<i>Bilaga 1</i> Direktiv	203
	<i>Bilaga 2</i> Genomförda hearings	207
	<i>Bilaga 3</i> Reservationer och särskilda yttranden	209
	<i>Bilaga 4</i> Använda energienheter	219
	<i>Förkortningslista</i>	221
	<i>Referenser</i>	223

# 1 Inledning

## 1.1 Utredningens syfte och arbetsuppgifter

Kungl Maj:t bemyndigade den 30 november 1973 chefen för industri-departementet att tillkalla en programkommitté för att utarbeta förslag till forsknings- och utvecklingsprogram inom energiområdet. De av departementschefen den 28 december 1973 utsedda sakkunniga antog benämningen *energiprogramkommittén (EPK)*.

Enligt direktiven (bilaga 1) skall utredningen göra en samlad översyn av forskning och utveckling (FoU) inom energiområdet. Utredningen skall därvidlag göra

- en kartläggning av den FoU som bedrivs idag inom energiområdet och de personella och materiella resurser som är tillgängliga för sådan FoU
- en kartläggning av behovet av FoU inom energiområdet.

Baserat på bl a dessa kartläggningar skall kommittén lämna förslag till

- mål och riktlinjer för de samlade FoU-insatserna på energiområdet under den kommande tioårsperioden
- konkreta FoU-program med kostnadsangivelser särskilt för de närmaste åren.

### 1.1.1 FoU-programmets syfte

De forsknings- och utvecklingsprogram som presenteras av kommittén syftar till en *effektivisering av den svenska energiförsörjningen* genom att ange medel för att

- säkra och öka tillgången på energi
- minska behovet av energi
- minska kostnaderna för att utnyttja energi (per energienhet).

Ovanstående syften kan nås även utan FoU, t ex genom ökad information i energibesparingsfrågor eller genom ändrade avskrivningsregler för investeringar i utrustning för bättre energihushållning. Dessa syften kan å andra sidan inte uppnås endast genom forsknings- och utvecklingsarbete. FoU-verksamhet syftar till att skapa kunskap om och anvisa möjligheter för att genomföra förändringar, men förverkligandet av dessa kräver också ett antal genomförandeåtgärder, vanligen av investeringskaraktär.

När därför ändamålet med programmet har angivits till de tre ovanstående syftena måste det stå klart att även andra åtgärder kan leda till och krävs för att förverkliga dessa mål.

De ovan angivna syftena med ett program för FoU inom energiområdet är av energipolitisk karaktär. Ett statligt stöd till energi-FoU kan därjämte motiveras av t ex industripolitiska, arbetsmarknadspolitiska och/eller miljöpolitiska mål eller av beredskapsskäl. Kommittén har i sitt arbete sökt särskilja den forskning som kan motiveras av energipolitiska skäl från annan forskning, och i enlighet med direktiven begränsat programförslagen till att omfatta sådana energipolitiskt motiverade åtgärder som kan hänföras till de tre angivna syftena.

Denna ambition har dock i vissa fall varit svår att upprätthålla. Vad gäller forsknings- och utvecklingsarbeten rörande lättvattenreaktorer är det således svårt att avgöra vad som huvudsakligen kan motiveras utifrån energipolitiska respektive industripolitiska mål. Vid bla kartläggningen av pågående FoU i kapitel 3 har kommittén därför behandlat hela den del av AB Atomenergis verksamhet inom lättvattenreaktorområdet som finansieras med allmänna medel.

Sådan FoU som kan begränsa miljöeffekterna vid nya former av energiproduktion har betraktats som ett sätt att öka och säkra energiproduktionen. Härigenom skapas nämligen förutsättningar för att energiproduktionen skall kunna äga rum under iakttagande av nuvarande och framtida, måhända kraftfullare, miljörestriktioner. Sådana projekt har därför hänförts till det delprogram där respektive energiproduktionsform behandlats. Dit hör t ex torvteknikens miljöproblem. FoU kring redan idag tillämpade processers miljöproblem har däremot icke behandlats i programmet. Dit hör t ex de luftföroreningsproblem som konventionell förbränning av fossila bränslen ger upphov till.

### 1.1.2 *Energiförsörjningssystemet*

Vid en studie av den svenska energiförsörjningen kan man skilja mellan en energiproduktions- och en energianvändningssida. Energiproduktionssystemet omvandlar via ett eller flera steg primärenergi såsom uran, vattenkraft, råolja och torv till förädlad energi som i form av t ex elkraft, fjärrvärme och bensin saluförs till konsumenterna. Inom energianvändningssystemet är varje medborgare representerad. Näringsliv, förvaltning och hushåll förbrukar förädlad energi som en av produktionsfaktorerna – vid sidan av arbetskraft och kapital – för att framställa nyttigheter av olika slag. Dessa nyttigheter utgörs inom näringslivet av varor och tjänster av olika slag och inom hushållssektorn omfattar de t ex lokalkomfort genom uppvärmning och ventilation, matvaruberedning m m.

Energiprogramkommittén vill särskilt betona att FoU inom energiområdet bör avse inte endast den energiproducerande sektorn utan alla de processer i samhället där energiomvandling äger rum. Olika mot energianvändningssidan riktade FoU-åtgärder för att minska energibehovet har därför ägnats stor uppmärksamhet. Detta har i sin tur krävt en genomgripande analys av olika energiomvandlingsprocesser inom vitt

skilda samhällssektorer. Organisationen av denna kartläggning och analys redovisas närmare i avsnitt 1.2 och 1.3.

Målet att öka och säkra tillgången på energi är till sin dominerande del förknippat med aktiviteter inom energiproduktionsområdet. De energitillskott som kan bli aktuella utanför denna del utgöres i stort endast av solenergi för uppvärmning av hus och eventuellt vindkraft i liten skala.

Även målet att minska kostnaden per energienhet kommer huvudsakligen att vara förknippat med produktionsdelen av energiförsörjningssystemet. När olika förändringar i energiproduktionssystemet diskuteras berörs alltså både målen att öka och säkra tillgången på energi och att minska kostnaden per energienhet.

Målet att minska behovet av energi är däremot främst förenat med energianvändningsdelen. Målet avser då närmast den förädlade energin även om detta indirekt påverkar behovet av primärenergi. De två delarna av energiförsörjningssystemet uppvisar således en rad skiljaktiga karakteristika som är intressanta för värderingen av ett offentligt finansierat FoU-program.

Åtgärder inom energiproduktionssidan för att uppnå de angivna syftena kan t ex avse nya prospekteringsmetoder som ökar mängden inom Sverige utvinningsbar energi, verkninggradsförbättringar i existerande processer som ökar den marknadsförda mängden förädlad energi vid samma primärenergiuttag eller åtgärder för att minska realkapitalbehovet vid produktion av (förädlad) energi.

Åtgärder inom energianvändningssidan för att uppnå de angivna syftena kan avse FoU kring produktionsprocesser för att öka produktiviteten hos produktionsfaktorn energi (dvs för att minska behovet av förädlad energi vid samma produktion av nyttigheter), åtgärder för att utnyttja spillvärme från industrin eller återvinna energikrävande råvaror såsom stål, papper och glas.

### 1.1.3 Avgränsning av FoU-begreppet

Utredningen har i sitt program endast tagit upp sådan grundläggande forskning som är målstyrd. Den ej målstyrda grundläggande forskningen är vanligen disciplinorienterad och inte möjlig att relatera till de tre energipolitiska syftena. Däremot har kommittén pekat på behovet av att sådan forskning bedrivs som underlag för en målstyrd forskning.

Utredningen har enligt direktiven inte innefattat sådana utvecklingsåtgärder som kan hänföras till näringslivets sedvanliga produktutveckling. Genomförandeåtgärder, antingen de avser att sprida forsknings- och utvecklingsresultaten genom information och utbildning eller uppförande av försöks- och demonstrationsanläggningar, ligger också utanför programmet. Kommittén har dock för varje område där mer ekonomiskt omfattande genomförandeåtgärder ansetts nödvändiga sökt att särskilt peka på detta.

Kommitténs arbete omfattar inte bara FoU inom det tekniska området. Även samhällsvetenskaplig, beteendevetenskaplig och medicinsk forskning har omfattats i den mån den påverkar energiförsörjningen eller

energikonsumtionen. Den medicinska och beteendevetenskapliga forskningen kan tex avse lokalkomfortområdet. Där kan analyser av hur människan påverkas av luftfuktighet, temperatur, drag och strålningsvärme kombineras med tekniska analyser av ventilationsanläggningar, belysning, isolering m m och ge ett samlat bidrag till energibesparingsmöjligheterna inom lokalkomfortområdet.

## 1.2 Utredningens organisation

### 1.2.1 *Ledamöter*

Med stöd av Kungl Maj:ts bemyndigande den 30 november och den 28 december 1973 tillkallade chefen för industridepartementet, statsrådet Rune Johansson, den 28 december 1973 såsom sakkunniga generaldirektör Lars Lindmark, riksdagsman Staffan Burenstam Linder, professor Gunnar Hambræus, riksdagsman Kjell Nilsson, direktör Bengt Sjönell, planeringsdirektör Jörn Svensson, partisekreterare Carl Tham, statssekreterare Inga Thorsson och överingenjör Sigfrid Wennerberg. Departementschefen utsåg Lindmark att vara ordförande.

### 1.2.2 *Expertmaterial, sponsorer och facksekreterare*

För kartläggning och analys av behovet av FoU inom energiområdet som underlag för ett programförslag har kommittén låtit utarbeta ett särskilt expertmaterial. Detta har skett inom elva olika delområden, och för varje delområde har en av kommittén utsedd huvudman (*sponsor*) tagit ansvaret. I några fall har samme sponsor ansvarat för flera delar av materialet. Sponsorererna har utarbetat materialet tillsammans med för varje sponsorsområde utsedda *facksekreterare* som varit knutna till kommitténs sekretariat. Sponsorererna har haft fullständig frihet vid utformningen av expertmaterialet och härvid endast styrts av kommitténs avgränsningar och dispositionsförslag. De i expertmaterialet framlagda analyserna och programförslagen är därför att betrakta som sponsorernas egna. Kommitténs samlade bedömning redovisas i betänkandets kapitel 7.

Expertmaterialet har uppdelats på fyra avdelningar varav den första avser energiproduktionssystemet och de tre senare energianvändningssystemet:

- Avdelning A: Utvinning av energiråvaror och industriell energiproduktion.
- Avdelning B: Näringslivets energianvändning.
- Avdelning C: Energianvändning för transporter och samfärdsl
- Avdelning D: Energianvändning för lokalkomfort och hushåll.

Expertmaterialet inom de fyra avdelningarna publiceras i fyra separata volymer (SOU 1974:73-76).

Energiproduktionsdelens omfattning har motiverat en ytterligare underindelning, där kärnkraften genom sin särskilda karaktär fått utgöra ett eget område:

---

**A Utvinning av energiråvaror och industriell energiproduktion**


---

- A1 Utvinning av energiråvaror samt icke-konventionella energiprocesser
  - A2 Fissionsteknik
  - A3 El-, gas- och värmeförsörjning
- 

Näringslivets komplexitet gör det inte möjligt att analysera dess energiproblem och behov av FoU samlat. Här har en uppdelning gjorts i olika branschgrupper enligt nedan. Vid bildandet av branschgrupperna har kommittén strävat efter att samla industrigrenar som är relaterade till varandra genom flödet av energikrävande varor. Så har t ex stålindustrin och verkstadsindustrin behandlats i samma expertmaterial. Problem kring återvinning av energikrävande varor och studier av dessa energibesparingsmöjligheter har samlats i ett särskilt expertmaterial.

---

**B Näringslivets energianvändning**


---

- B1 Malm-, järn- och stål-, metall- och verkstadsindustri
  - B2 Petroleum-, kemi-, plast- och gummivaruindustri
  - B3 Skogs-, massa-, pappersindustri samt grafisk industri
  - B4 Jordbruk, livsmedels- och övrig industri
  - B5 Byggnadsindustri, jord- och stenindustri samt offentlig och privat förvaltning
  - B6 Återvinning av energikrävande varor
- 

Områdena C och D har inte bedömts fordra ytterligare uppdelning. De stora energibesparingsmöjligheter som finns inom lokalkomfortområdet har motiverat en noggrann penetrering varför två sponsorer gemensamt utarbetat och tagit ansvaret för materialet. Till lokalkomfortområdet har även förts hushållens energianvändning (för t ex matlagning och klädvård) på grund av det starka sambandet med bostädernas uppvärmning, ventilation och varmvattenförsörjning.

Dispositionen av de olika delarna i expertmaterialet är beroende av respektive områdes karaktär, men den principiella uppläggningsen är den att först ges en allmän översikt över områdets energiförsörjningssituation. Därefter behandlas möjligheterna att genom olika åtgärder uppnå de i avsnitt 1.1 angivna syftena, varefter speciellt de åtgärder som är av FoU-karaktär tas upp och struktureras i ett antal program. En resursbedömning görs för de olika programmen. I expertmaterialet redovisas ett omfattande antal projektförslag, i vissa fall behandlade i texten, i andra fall lagda som särskilda bilagor till materialet.

*Sponsorer och facksekreterare*

Sponsor för område A1 – Utvinning av energiråvaror samt icke-konventionella energiprocesser – har varit professor Gunnar Hambræus, IVA, tillika ledamot av utredningen. Facksekreterare har varit civilingenjör



Gunnar Nordlöf, statens vattenfallsverk.

Sponsor för område A2 – Fissionsteknik – har likaså varit professor Hambræus. Facksekreterarfunktionerna har fyllts av AB Atomenergi inom vilket företag docent Eric Hellstrand utarbetat materialet.

Sponsor för område A3 – El-, gas- och värmeförsörjning – har varit planeringsdirektör Bengt Nordström vid statens vattenfallsverk. Facksekreterare har varit civilingenjör Gunnar Nordlöf.

Sponsor för område B1 – Malm-, järn- och stål-, metall- och verkstadsindustri – har varit professor Per-Olof Strandell, KTH. Facksekreterare har varit fil kand Kurt Hedén, STU.

Sponsor för områdena B2–B4 – Petroleum-, kemi-, plast- och gummi-varuindustri; Skogs-, massa-, pappersindustri samt grafisk industri respektive Jordbruk, livsmedels- och övrig industri – har varit tekn doktor Ingmar Eidem, KemaNord AB. Facksekreterare har varit överingenjör Gunnar Selin, Ångpanneföreningen.

Sponsor för område B5 – Byggnadsindustri, jord- och stenindustri samt offentlig och privat förvaltning – har varit direktör Bo Broms, AB Gustavsbergs Fabriker. Facksekreterare har varit direktör Sten Jacobsson.

Område B6 – Återvinning av energikrävande varor – har sammanställts av civilingenjör Curt Nycander, Statskonsult AB, och baseras på material utarbetat av K-Konsult AB, fil kand Martin Carlstein, Sveriges Industriförbund, och civilingenjör Lars-Olof Södergren, IVA.

Sponsor för område C – Energianvändning för transporter och samfärdsel – har varit tekniske direktören Åke Karsberg vid Statens Järnvägar. Facksekreterare har varit överingenjör Sven Hugoson, Svenska Utvecklings AB.

Sponsorer för område D – Energianvändning för lokalkomfort och hushåll – har varit professor Bo Adamson, LTH, och professor Bengt Hidemark, KTH. Facksekreterare har varit civilingenjör Arne Boysen vid statens råd för byggnadsforskning.

### *Experter*

Departementschefen har förordnat ovan angivna sponsorer som experter åt utredningen. Därutöver har som experter förordnats byråchef Nils-Gustaf Danielson, överstyrelsen för ekonomiskt försvar, professor Olof Eriksson, statens råd för byggnadsforskning, byråchef Carl-Erik Lind, statens industriverk, direktör Dick Lundqvist, Sveriges Industriförbund, överingenjör Peter Margen, AB Atomenergi, byråchef Göran Persson, statens naturvårdsverk, professor Nils G Starfelt, styrelsen för teknisk utveckling, professor Hans Wilhelmsson, statens råd för atomforskning, och departementssekreterare Suzanne Frigren, industridepartementet.

### *Idépromemorior*

Kommittén har inbjudit vissa särskilt vidtalade författare att utarbeta idépromemorior inom energiforskningsområdet. Promemoriorna är av-

sedda att redovisa en självständig syn på energiforskningsproblematiken för att därigenom ge kommittén uppslag till angreppssätt, värderingsprinciper och forskningsprogram. Idépromemorior har författats av professor Torgny Segerstedt, Uppsala universitet, professor Arne Engström, forskningsberedningen, professor Dick Ramström, Uppsala universitet, och av Centrum för tvärvetenskap vid Göteborgs universitet genom Björn Eriksson, Karl-Erik Eriksson, C G Ivarsson och Britta Jungen. Idépromemoriorna utges separat (Departementsserien Ds I 1974:8) som särskild bilaga till betänkandet.

### *Sekretariat*

Direktör Jan-Eric Österlund, Statskonsult AB, har tjänstgjort som utredningens huvudsekreterare. Sekretariatet har vidare bestått av civilingenjör Curt Nycander, Statskonsult AB, fil lic Erik Moberg, civilingenjör Bo C Johanson och tekn lic Thomas Sidenbladh, de båda sistnämnda vid industridepartementet. I sekretariatet har vidare ingått de ovan nämnda facksekreterarna.

I utarbetandet av kapitel 4 (den internationella översikten) har medverkat tekn lic Thomas Eckered och vidare har Ingenjörsvetenskapsakademien på gemensamt uppdrag från EPK och styrelsen för teknisk utveckling gjort sammanställningar av material angående internationellt bedrivna energi-FoU.

Enligt Kungl Maj:ts direktiv har vidare styrelsen för teknisk utveckling i samråd med programkommittén uppdragit åt Energicentrum vid tekniska högskolan i Stockholm att inventera resurser och kompetens för FoU inom energiområdet vid de tekniska fakulteterna samt att utarbeta förslag till särskilda insatser vid fakulteterna inom detta område. Den senare delen av uppdraget avses utföras hösten 1974.

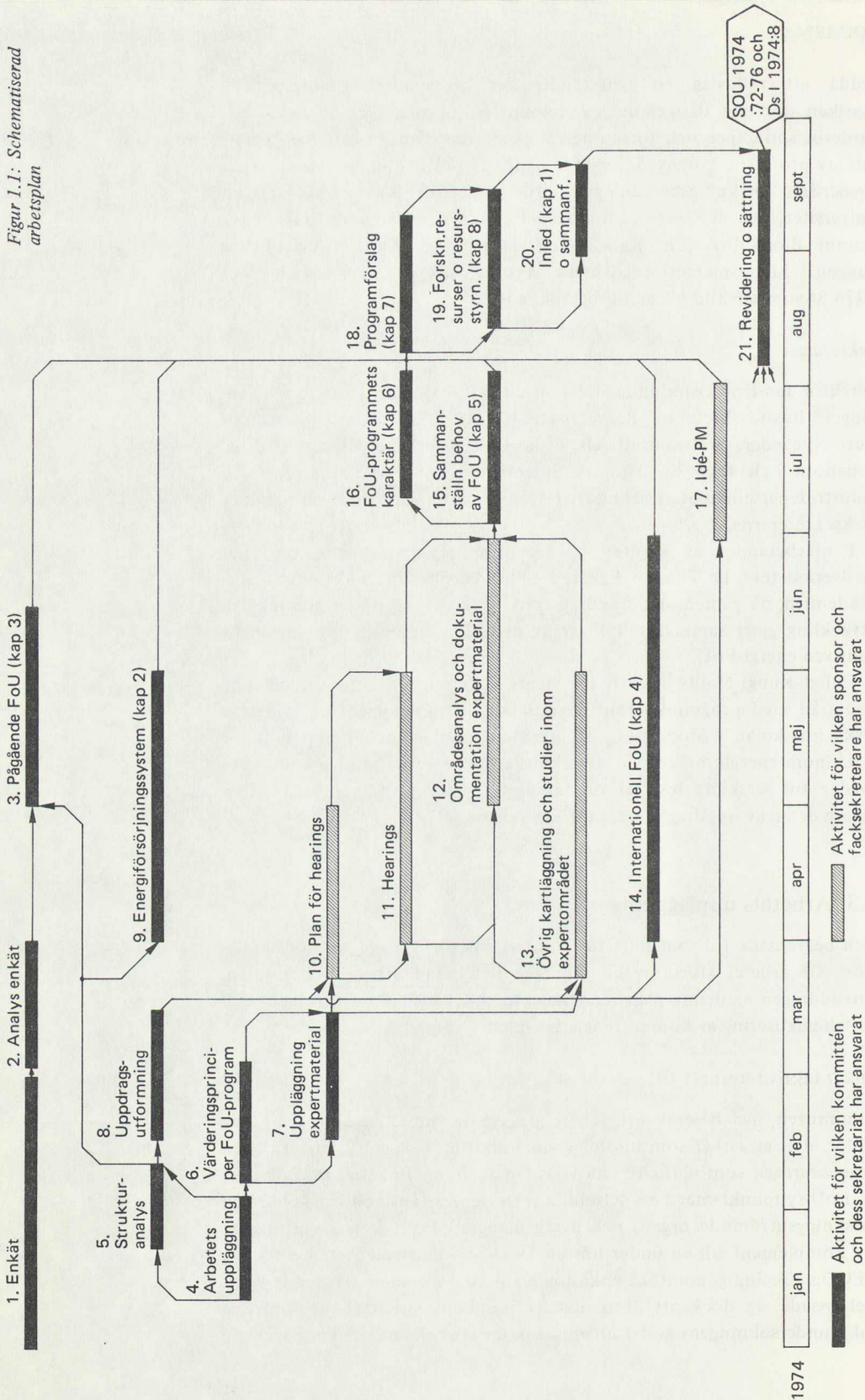
## 1.3 Arbetets uppläggning

Den begränsade tid som stått till kommitténs förfogande har nödvändiggjort att arbetet styrts av en tämligen detaljerad arbets- och tidplan. Huvuddragen av denna plan redovisas i figur 1.1 som är ett utdrag ur och en schematisering av kommitténs arbetsplan.

### *Enkät* (aktiviteterna 1–3)

Kommittén har baserat sitt arbete på två huvudsakliga informationskällor, dels en *enkät* som utsändes vid årsskiftet, dels och framför allt en serie *hearings*, som närmare redovisas längre fram. Enkäten utsändes till ur FoU-synpunkt mer betydelsefulla intressenter (anslagsfördelande och forskningsutförande organ) och avsåg planerad FoU. Den avsågs utgöra ett komplement till en under hösten 1973 av industridepartementet för OECD:s räkning genomförd enkätundersökning avseende pågående FoU. Det visade sig dock att även den av programkommittén genomförda enkätundersökningens svar i huvudsak kom att behandla redan pågående

Figur 1.1: Schematiserad arbetsplan



projekt. Enkäterna har därför framför allt kommit att utgöra ett betydelsefullt underlag vid utarbetandet av kommitténs översikt över pågående FoU inom energiområdet (betänkandets kapitel 3).

#### *Struktureringskedje* (aktiviteterna 4–8)

I inledningsskedet av kommitténs arbete genomfördes en allmän avgränsning och planering av verksamheten (aktivitet 4) och en översiktlig analys av det svenska energiförsörjningssystemet och dess intressenter som underlag för en indelning i olika sponsorområden (aktivitet 5). Principerna för värdering av föreslagna FoU-projekt och för bildande och värdering av FoU-program i expertmaterialet fastställdes (aktivitet 6). Allmänna ramar för uppläggning av sponsorernas arbete och disposition av expertmaterialet lades fast (aktivitet 7). Baserat på planen och strukturanalysen lade kommittén ut ett antal uppdrag på olika experter och organisationer (aktivitet 8). Dessa har redovisats i avsnitt 1.2.

#### *Expertmaterialet* (aktiviteterna 10–13)

Aktiviteten 5 ledde till en indelning av energiförsörjningssystemet i 11 sponsorområden och för vart och ett av dessa utsågs sponsorer och facksekreterare. Sponsorn har på kommitténs uppdrag tagit ansvaret för utarbetande av expertmaterial inom sitt område. Områdesanalysen och utarbetandet av expertmaterialet inklusive dess programförslag (aktivitet 12) baserar sig på allmänna studier och analyser som initierats av sponsorn och genomförts av sponsor och facksekreterare eller i vissa fall av särskilda av sponsorn anlidade experter (aktivitet 13). Vidare, och detta är utredningens mest betydelsefulla underlag, har inom varje område ett antal hearings genomförts (aktivitet 11). Till varje hearing har eftersträvat en allsidig intressentsammansättning, så att varje delområde blivit belyst av representanter för forskning, forskningsplanerande och anslagsfördelande organ, näringsliv och konsumenter. Sammanlagt har kommittén genom sina sponsorer genomfört 46 hearings vid vilka ca 400 personer deltagit. En förteckning över de hearings som genomförts lämnas i bilaga 2.

Aktiviteterna 10–13 utgörs således egentligen av 11 parallella aktivitetsgrupper vilka var och en lett fram till expertmaterialet för de olika områdena.

#### *Allmän analys* (aktivitet 9 samt 14–17)

En allmän och översiktlig analys av det svenska energiförsörjningssystemet samt vissa internationella energiförsörjningsfrågor har behandlats i aktivitet 9. Analysen har byggt på befintligt material och kommittén har haft tillgång till energiprognosutredningens underlag. Baserat på denna analys har kommittén tagit ställning till vissa ur FoU-synpunkt betydelsefulla utvecklingsvägar för energiförsörjningssystemet. Kommitténs systemsyn och en beskrivning av systemet i nuläget presenteras i kapitel 2. I

kapitel 7 lägger kommittén, som underlag för sitt programförslag, vissa allmänna synpunkter på möjliga och önskvärda utvecklingsmöjligheter.

Forskning och utveckling inom energiområdet i vissa länder har behandlats i en särskild studie (aktivitet 14). Dessa länders FoU-policy och internationella samarbetsprojekt har dokumenterats i betänkandets kapitel 4.

Expertmaterialet har sammanställts (aktivitet 15) och redovisas i betänkandets kapitel 5. FoU-programmets allmänna inriktning, dess indelning och principerna för avvägning av dess storlek behandlas i kapitel 6 (aktivitet 16).

Ett antal idé-PM har utarbetats av särskilt vidtalade författare (aktivitet 17) och bildat underlag för programförslaget.

#### *Kommitténs programförslag (aktiviteterna 18–19)*

Utifrån det på detta sätt framtagna materialet har kommittén formulerat sitt programförslag (aktivitet 18), vilket redovisas i kapitel 7 i betänkandet. Baserat på programförslaget har utredningen lagt vissa allmänna synpunkter på forskningsresurserna och dessas styrning (aktivitet 19), vilket redovisas i kapitel 8.

#### *Framställning av betänkandet (aktiviteterna 20–21)*

I slutskedet har utarbetats inledning och sammanfattning till betänkandet (aktivitet 20). Inledningen innehåller också en översikt över de övriga statliga utredningarna inom energiområdet och dessas beröringspunkter med energiprogramkommittén. Betänkandets slutliga revidering, fastställande och tryckning ingår i aktivitet 21.

De olika kapitlen har disponerats så, att det i största utsträckning skall vara möjligt att studera enskilda kapitel fristående från de övriga. Detta gäller bl a programförslaget i kapitel 7. Kapitlen 3, 5 och 7 har vidare disponerats utifrån samma struktur för att möjliggöra studium av enbart vissa program eller områden med hänsyn till pågående FoU (i kapitel 3), experternas analyser och bedömningar av behov av FoU (i kapitel 5) och kommitténs programförslag (i kapitel 7).

#### *Sammanträden*

Kommittén har sammanträtt den 19 februari, 14 mars, 9 maj, 17 och 18 juni, 31 juli, 7 augusti, 16 och 19 augusti, 3 och 4 september samt den 9 september 1974. Ett särskilt expertsammanträde hölls den 14 mars.

### 1.4 Andra utredningar

Ett omfattande energipolitiskt och energitekniskt utredningsarbete pågår för närvarande i landet. Delvis parallellt med energiprogramkommittén har arbetat bl a energiprognosutredningen, närförläggningutredningen,

utredningen om radioaktivt avfall samt delegationen för forskning rörande kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor.

#### 1.4.1 *Energiprognosutredningen*

Energiprognosutredningen (EPU) har som huvuduppgift att utarbeta prognoser för energibehovet fram till år 1985 och att göra uppskattningar av behovet för ytterligare en tioårsperiod. Prognoserna görs med utgångspunkt från alternativa förutsättningar om energipolitik och energibehov. Utredningen bör enligt direktiven jämföra substituerbara former för energiproduktion med varandra och studera möjligheterna att inom olika områden begränsa energiförbrukningen, bl a genom effektivare användning av den producerade energin. Man bör söka värdera sannolikheten för redovisade alternativ och analysera deras samhälls-ekonomiska och miljömässiga konsekvenser.

I utredningens direktiv har vidare framhållits att EPU närmare bör undersöka hur energimarknaden påverkas av prisutvecklingen för energi jämfört med den allmänna prisnivån och av förändringar i prisrelationerna mellan olika energiformer.

Till EPU:s arbetsuppgifter hör vidare att undersöka behovet av en utvidgad energistatistik.

Energiprognosutredningen lämnade under sommaren 1973 en lägesrapport och utredningens slutbetänkande ligger f n under tryckning. Utredningen räknar i sitt betänkande med fyra huvudalternativ för den framtida energikonsumtionens utveckling och redovisar vilka typer av samhällliga beslut och åtgärder som dessa alternativ bygger på. Alternativen skiljer sig åt genom olika antaganden om dels konsumtionens tillväxttakt, dels produktionsapparatens sammansättning.

#### 1.4.2 *Närförlägningsutredningen*

Utredningens uppdrag har varit att belysa de ekonomiska, miljömässiga och säkerhetsmässiga konsekvenserna av att förlägga kärnkraftverk, företrädesvis avsedda för kombinerad el- och fjärrvärmeproduktion, i närheten av storstadsområden.

Utredningen avgav i augusti 1974 ett betänkande, *Närförläggning av kärnkraftverk* (SOU 1974:56). Man finner att ekonomiska och försörjningspolitiska skäl samt önskemålet att reducera luftföroreningarna motiverar att värmeproduktionen i landets storstadsregioner baseras på kärnkraftvärmeverk. Utredningens undersökning av omgivningsriskerna visar att närförläggning av kärnkraftverk inte medför större risker än vad som accepteras för många andra verksamheter. Utredningen konstaterar att merkostnader vid en utpräglad närförläggning skall vägas mot kostnaderna för förlängning av hetvattenledningarna vid en mer avlägsen förläggning. De ekonomiska motiven för de mest utpräglade närlägena blir därigenom ej särskilt starka. Förläggning även på ca 20 km avstånd från stadscentrum bedöms vara ekonomiskt intressant.

#### 1.4.3 Utredningen om radioaktivt avfall

Utredningen om radioaktivt avfall (Aka-utredningen) har till uppgift att göra en genomgång av de tekniska, ekonomiska och säkerhetsmässiga problemen i samband med såväl upparbetning av kärnbränsle som den följande behandlingen och förvaringen av det högaktiva avfallet.

De sakkunnigas arbete bör leda fram till en översiktlig bedömning av storleken av de insatser som kan komma att behövas för en tillfredsställande svensk beredskap på dessa områden.

Utredningen avgav i juni 1974 en lägesrapport, *Kärnkraftens högaktiva avfall* (Ds I 1974:6), där utredningen redovisar en genomgång av olika aspekter på hanteringen av det högaktiva avfallet. Rapporten behandlar kärnkraftprocessen, kärnkraftutbyggnad och avfallsmängder, geologiska strålningsrisker, hantering av högaktivt avfall med särskild redogörelse för pågående utvecklingsarbete samt några geologiska synpunkter på långtidsförvaring av högaktivt avfall i Sveriges berggrund. Utredningen har vid sin genomgång inte funnit något som talar mot att avfallsproblemen är tekniskt och säkerhetsmässigt möjliga att lösa.

#### 1.4.4 Delegationen för forskning rörande kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor

Delegationen för forskning rörande kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor (Kärnsäkforsk) ansvarar för ett särskilt program för kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor vilket skall genomföras under en period av högst 4 år med början den 1 januari 1973. Programmet avser forskning och utveckling av betydelse för bedömning av kraftreaktorers, främst lättvattenreaktorers, säkerhet och inverkan på miljön såvitt avser radioaktivt utsläpp. Frågor om behandling och förvaring av högaktivt radioaktivt avfall ingår ej i delegationens arbetsuppgifter.

För de två första åren disponerar delegationen sammanlagt 12 Mkr. Dessa medel har tillskjutits av kraftproducenterna. Behovet av insatser under åren 1975 och 1976 avses bli föremål för närmare övervägande inom kort.

#### 1.4.5 Övrigt

Chefen för jordbruksdepartementet tillsatte i januari 1974 en särskild arbetsgrupp för att utreda vissa frågor på avfallsområdet. Arbetsgruppen hade att med förtur behandla frågan om möjligheterna att spara och utvinna energi i samband med avfallshanteringen. En rapport, *Avfall som energikälla*, har framlagts sommaren 1974 (Jordbruksdepartementet Stencil Ds Jo 1974:5).

I en departementspromemoria (Ds I 1974:5) har framlagts förslag till lagstiftning om torvtäktskoncession.

## 1.5 Sammanfattning

*Kapitel 2* ger en bild av energiförsörjningen dels ur ett globalt, dels ur ett svenskt perspektiv. Globalt svarar råoljan för 49 %, kolet för 30 % och naturgasen för 18 % av primärenergien. I Sverige är oljan än mer dominerande med 73 % varefter vattenkraften svarar för 14 %. Naturgas saknas och kolets roll i energiförsörjningen är mycket liten.

På konsumtionssidan kan man skilja på sektorerna industri och handel, hushåll samt transporter som svarar för ca 42, 41 resp 17 % av den svenska konsumtionen. Huvuddelen av konsumtionen i handels- och hushållssektorn och en del av industrikonsumtionen kan hänföras till energianvändning för lokalkomfort, dvs främst uppvärmning och ventilation.

I kapitlet beskrivs energiomvandlingsprocesserna i det svenska energiförsörjningssystemet ur ett antal aspekter. Härvid skall särskilt märkas de stora förluster av spillvärme, som erhålls vid produktion av elkraft.

*Kapitel 3* ger en bild av den pågående forskningen och utvecklingen inom energiområdet och dessutom behandlas anslagsformer och organisation. Den av allmänna medel finansierade forskningen och utvecklingen inom energiområdet uppgår för närvarande till omkring 50 Mkr/år. Härtill tillkommer vissa satsningar som görs av affärsverken, främst vattenfallsverket. Av det angivna beloppet hänför sig huvuddelen (mer än 80 %) till energiproduktionssidan, medan FoU rörande möjligheten att spara energi i konsumtionsskedet ges ett mycket begränsat stöd. Inom energiproduktionsområdet går huvuddelen av medlen till kärnkraftprogrammet.

*Kapitel 4* behandlar internationell energi-FoU dels genom att belysa energipolitik och energi-FoU i ett antal länder, dels genom att behandla internationellt samarbete avseende energi-FoU.

*Kapitel 5* sammanfattar expertmaterialet och är i stort sett disponerat som detta (se avsnitt 1.2).

*Kapitel 6* presenterar de kriterier som kommittén har tillämpat vid uppbyggnaden av FoU-programmet och de principer som tillämpas för fördelning av medel för enskilda program, delprogram och programelement.

*Kapitel 7* innehåller kommitténs programförslag. Kommittén har valt att använda begreppet huvudprogram för att beteckna det samlade FoU-programmet och har indelat detta i sex program:

- energiproduktion
- energianvändning i industriella processer
- energianvändning för transporter och samfärdsl
- energianvändning för lokalkomfort – boende och arbetsmiljö
- återvinning av energi i varor
- allmänna energisystemstudier

För att effektivare utnyttja energin har kommittén föreslagit kraftigt utökade insatser på ett FoU-program avseende tillvaratagande av spillvärme från såväl energiproduktion som industriella processer och



utnyttjande av detta värme för främst lokaluppvärmning (totalt 10 Mkr/år). Kommittén vill betona betydelsen av åtgärder som ökar flexibiliteten i energiförsörjningssystemet. FoU som skapar förutsättningar att använda fler energislag, särskilt då inhemska sådana, har setts som betydelsefull för att säkra tillgången på energi. Kommittén vill därför prioritera FoU kring dels andra organiska bränslen (kol, skiffier, torv, avfall) som substitut för olja, dels FoU kring kärnkraften.

Oavsett riksdagens ställningstagande till fortsatt kärnkraftutbyggnad bör de närmaste årens föreslagna FoU-program avseende lättvattenreaktorer enligt kommitténs majoritet genomföras. Vidare bör FoU-insatserna avseende framtida reaktortyper utökas för att inom Sverige skapa en kompetens att kunna utvärdera utvecklingen i de länder där de dominerande satsningarna sker. Forskning rörande kärnbränslecykelnns olika faser bör, med hänsyn dels till de stora inhemska uranförekomsterna och behovet att säkra utnyttjandet av dessa, dels till säkerhetsfrågornas vikt inom delar av området, stödjas med 13,4 Mkr/år.

Om den fortsatta kärnkraftutbyggnaden begränsas blir FoU avseende organiska bränslen och processer för förbränning, förgasning och förvätskning av sådana av större betydelse.

Kommittén finner att det statliga stödet i form av energi-FoU inriktad på industrins processer i första hand bör omfatta uppföljning, utvärdering och dokumentation av inhemska och utländska framsteg inom respektive bransch. Beträffande de industriella processerna bör egentlig processutveckling, syftande till en lägre energianvändning, kraftsamlas till de områden där svensk industri har en särprägel och utnyttjar större mängder energi. Sådana branscher är t ex skogs- och stålindustrin. Även jord- och stenindustrin har kommittén genom dess särprägel särskilt velat stödja.

De av kommittén föreslagna insatserna inom transportområdet (samtalagt 9 milj kr/år) har fördelats dels på FoU avseende transportsystemutveckling (fördelning mellan olika transportmedel, kollektiva och individuella transporter etc) dels på FoU avseende olika drivsystem, främst stirlingsmotorn och elektriska ackumulatörer för bilar m m.

Energianvändningen för lokalkomfort svarar för ungefär hälften av landets totala energiförbrukning. Möjligheterna att påverka denna är generellt sett större än för övriga områden och kan ofta uppnås med enbart en begränsad FoU-insats. Inom energianvändningsområdena bör därför lokalkomfortområdet ges högsta prioritet. Kommittén har funnit att grunderna för bedömning av lokalklimatets kvalitet och de krav man kan ställa på detta är otillräckliga. Medicinsk, naturvetenskaplig och teknisk FoU inom det klimathygieniska området är betydelsefull som underlag för den övriga forskningen och kommittén vill betona vikten av en samlad syn på projekterings-, anläggnings- och driftsfrågorna varför även för entreprenadverksamheten föreslås ett stöd med 2 milj kr/år inom ramen för detta program. FoU avseende såväl byggnaden (isolering, värmeackumulering) som apparat- och installationsteknik (uppvärmningssystem, ventilation, varmvatten) föreslås stödjas med totalt 14,7 milj kr/år. Det är betydelsefullt att olika hushållsapparaters effekt på bl a

uppvärmning (spis, kylskåp) betraktas utifrån ett totalt synsätt på energianvändning inom hushåll och för lokalkomfort. Behovet av utbildning och information avseende resultaten av energi-FoU torde vara särskilt stort inom lokalkomfortområdet genom intressentstrukturens komplexitet och intressenternas mångfald. Kommittén har föreslagit att särskilda medel avsätts för detta ändamål inom ramen för programmet.

Kommittén har funnit det omöjligt att betrakta FoU avseende återvinning av energi i varor ur enbart energiaspekten. Råvarusynpunkter och miljövårdsaspekter måste förenas med de energipolitiska motiven i ett sammanhållet FoU-program. Programmet bör främst riktas mot återvinning av det blandade avfallet från hushåll, handel och industri, men i stor utsträckning tas om hand i kommunal regi. Ett samlat återvinningsprogram bör enligt kommitténs mening ur energipolitisk synpunkt stödjas med ett belopp av 3 milj kr/år.

FoU som avser energiförsörjningssystemet i dess helhet och dess samspel med samhället i stort behandlas i ett särskilt program för allmänna energisystemstudier. Dit hör bl a studier av samhällsplanerings- och lokaliseringsfrågor ur energisynpunkt, analyser av energi som produktionsfaktor, olika konsumtionsnivåers (vad avser energi) inverkan på samhällsstrukturen (låg- och högenergisamhällen) och olika energiförsörjningssystemers miljökonsekvenser. För att erhålla underlag för mer precisa bedömningar avseende programmets framtida inriktning och för att bygga upp information och statistik som underlag för fortsatta studier föreslår kommittén en satsning av förstudiekaraktär under de närmaste åren med 2 Mkr/år.

Totalt föreslår kommittén stöd av allmänna medel till energi-FoU med ca 140 milj kr per år under de närmaste tre åren.

*Kapitel 8* innehåller en redovisning av kommitténs syn på nödvändiga organisatoriska förutsättningar för att det föreslagna programmet skall kunna initieras, fullföljas och vidareutvecklas. Kommittén har därvid lagt stor vikt vid behovet av översikt, analys och samordning av hela huvudprogrammet för FoU inom energiområdet.

Då det emellertid inte ingått i kommitténs uppdrag att behandla organisationsfrågorna, är de i kapitel 8 framförda synpunkterna att se som en idéskiss och ett underlag för fortsatt diskussion kring de organisatoriska formerna.

Ansvaret för att beställa FoU och ansvaret för fortsatt vård av de olika programmen bör i möjligaste mån hållas samman. Exempel på en existerande organisation där möjligheterna till ett sammanhållet programansvar syns föreligga är tex BFR för programmet Lokalkomfort. För de övriga programmen finns enligt kommitténs mening inte samma klara förutsättningar för att koppla programansvaret till befintliga organisationer. Fördelningen av ansvaret för de övriga programmen kräver således en fördjupad analys.

## 2 Energiförsörjningen

En detaljerad diskussion av forsknings- och utvecklingsbehovet inom energiområdet kräver överblick över hela energiförsörjningssituationen. I de moderna industrisamhällena har komplicerade system byggts upp för att utvinna olika slags energiråvaror, för att omvandla dessa till förädlade energivaror och för att distribuera den förädlade energin i skilda former till oräkneliga förbrukningsställen. För att i detta sammanhang få ett samlat grepp om forsknings- och utvecklingsfrågorna är det därför nödvändigt att ge en överblick över det svenska energiförsörjningssystemet och dess beroende av internationella förhållanden.

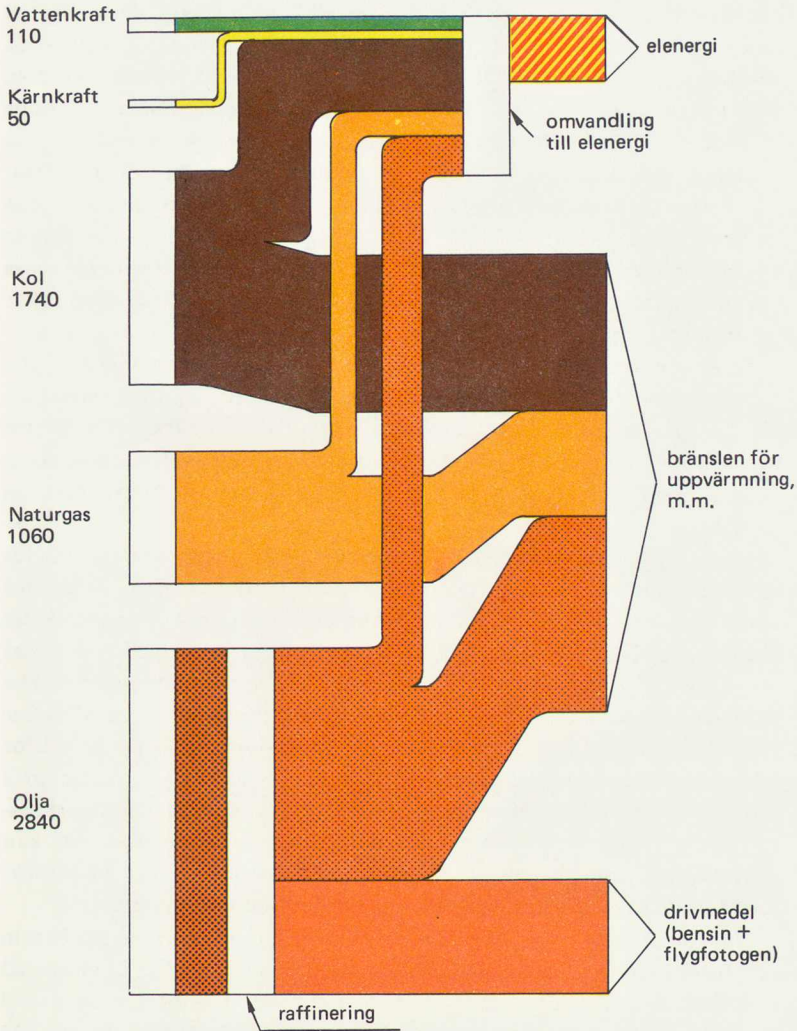
### 2.1 Den globala energiförsörjningen

#### 2.1.1 *Hittillsvarande utveckling och nuvarande konsumtionsmönster*

Den globala energikonsumtionen har ökat snabbt under hela 1900-talet – i stort har tillväxttakten varit omkring 5 % per år. Inom ramen för denna tillväxt har oljeandelen ökat. Även konsumtionen av naturgas har stigit snabbt under senare år. Trots detta ligger emellertid kolet – det en gång nästan allenarådande energislaget – fortfarande på andra plats. Kolkonsumtionen har varit nära nog konstant under lång tid.

Figur 2.1 ger en bild av de globala energiflödena 1973. Den största primärenergikällan är råolja med en andel av 49 %, därefter kol med 30 % och därefter naturgas med 18 %. Dessa sk fossila energiråvaror dominerar alltså mycket kraftigt den globala energibilden. Två andra primärenergikällor – vattenkraft och uran – spelar en avsevärt mindre roll. Uranets andel kommer dock av allt att döma att öka snabbt.

Oljans snabba frammarsch har flera orsaker. Produktions- och transportkostnaderna för råolja är klart lägre än motsvarande kostnader för de andra två stora energislagen kol och naturgas. Detta sammanhänger med att oljan på en gång har den lätthanterlighet som är karakteristisk för de flytande och gasformiga tillstånden och den koncentration av energi som är karakteristisk för de flytande och fasta tillstånden. Kostnaden för oljeprodukter (fasta priser) har också varit sjunkande under 1960-talet. (Den allra senaste tidens prisutveckling berörs i moment 2.1.3.) Även på förbrukningssidan erbjuder oljan fördelar. I många sammanhang där man alternativt skulle kunna använda kol – t ex för uppvärmningsändamål –



Figur 2.1 De globala energiflödena 1973 i miljoner ekvivalenta ton olja.

är oljan mer lätthanterlig och bättre, bl a därför att förbränningen lättare kan regleras. Vidare har oljeprodukter fått en stor marknad i och med utvecklingen av förbränningsmotorerna.

För att få en bättre bild av energikonsumtionen är det av intresse att också se på förädlingsprocesserna. Energiråvarorna – dvs primärenergien – förädlas i allmänhet på olika vägar för att energin skall bli anpassad till olika behov. Två typer av förädlingsprocesser dominerar kvantitativt. Den ena innebär att skilda energiformer omvandlas till elenergi, den andra att råolja raffinerar till ett vitt spektrum av petroleumprodukter med skilda användningsområden. Förädlingen av uran, som ännu så länge har en liten omfattning, kommer att öka snabbt i framtiden. Denna förädling innehåller bl a anrikning som ett väsentligt led.

Den globala elenergiproduktionens omfattning framgår också av figur 2.1. Elenergin är förhållandevis lätthanterlig i bl a detaljdistributions- och konsumtionssammanhang. Den är också mycket flexibel – dvs den är användbar inom i stort sett alla förbrukningsområden. Ett område inom vilket elenergin dock f n inte är konkurrenskraftig är framdrivning av ”individuellt rörliga fordon” som bilar.

Elenergin kan inte bara användas i många olika sammanhang – alla primärenergiformer kan också omvandlas till elenergi. Därtill kommer att vissa primärenergikällor ofta är svåra att utnyttja för andra syften än just framställning av elenergi – detta gäller t ex uran och vattenkraft. Även stenkol kan vara avsevärt lättare att utnyttja om det omvandlas till elkraft.

De anförda synpunkterna pekar sammantagna på en central roll för elproduktionen i den totala energiförsörjningen. Det är också så att den andel av den globala primärenergikonsumtionen som omvandlas till elenergi stadigt ökar. Omvandlingen till elenergi ger emellertid också betydande förluster. Detta sammanhänger med att omvandlingen av bl a termodynamiska skäl inte kan få högre verkningsgrad än ca 40 % (se vidare moment 2.2.2). Den kvantitet elenergi man får ut är därför avsevärt mindre än energiinnehållet i de bränslen man matar in i processen, vilket framgår av figuren. Att en allt större andel av primärenergien omvandlas till elenergi får därför – i den mån man inte kan utnyttja spillvärmets från elproduktionen – en negativ verkan på utvecklingen av den totala verkningsgraden i energiproduktionssystemet.

Ur råoljan erhålls genom raffinering bl a de lättare fraktionerna bensin och fotogen. Den sammanlagda volymen av dessa fraktioner är markerad i figuren. Bensin och fotogen används nästan uteslutande som drivmedel för individuellt rörliga fordon. Att de lättare petroleumprodukterna här fått så stor betydelse sammanhänger naturligtvis med utvecklingen på förbränningsmotorområdet. Drivmedel kan – åtminstone om det gäller konkurrenskraftig produktion i stor skala – f n knappast framställas på annat sätt än ur råolja. Detta gör drivmedelssektorn till en speciellt utsatt del i den totala energiförsörjningen.

Den stora del av energikonsumtionen som varken går till elkraftframställning eller till framdrivning av individuellt rörliga fordon används för en lång rad olika syften. I stort kan man dock säga att det här är fråga

om olika slag av uppvärmning, t ex lokaluppvärmning, industriellt processvärme, hushållsvärme osv. Till stor del gäller det uppvärmning till ganska måttliga temperaturer. Inom dessa användningsområden konkurrerar råoljans tyngre destillat och mellandestillat, kol och naturgas med varandra.

Till bilden av de globala energiflödena hör också transportmönstret. En stor del av oljan transporteras långa sträckor mellan produktions- och konsumtionsområden. Speciellt stora är oljeflödena från Mellanöstern och Afrika till Västeuropa. För kolet och naturgasen ser transportmönstret radikalt annorlunda ut. Båda dessa energiformer konsumeras till mycket stor del i närheten av produktionsområdena. I den mån det förekommer mera omfattande naturgas transporter så sker de till lands.

Det bör också nämnas att OPEC-länderna (Organization of Petroleum Exporting Countries) under 1973 stod för 53,5 % av den globala råolja produktionen. Den andelen har varit ökande under senare år. Betydelsen av detta för prisbildningen på energiråvaror belyses i moment 2.1.3.

### 2.1.2 Energireservernas storlek

För en bedömning av den framtida energikonsumtionens utveckling är det av intresse att säga en del om storleken av reserverna av olika energiråvaror. Ett vanligt sätt att ange tillgångarna av en viss naturresurs i relation till konsumtionen är att redovisa kvoten mellan kända reserver och rådande årskonsumtion av resursen i fråga. Kvoten anger ju direkt hur många år de kända reserverna skulle räcka under förutsättning att årskonsumtionen vore konstant. Tabell 2.1 ger såväl nu *kända och utvinningsvärda* reserver som nuvarande årskonsumtion av olja, naturgas, kol och uran. Även den nämnda kvoten är framräknad för de olika bränsleslagen.

Tabellen antyder att olja och naturgas är knappa resurser medan kol finns i mycket stora kvantiteter. Tabellen behöver dock kommenteras ytterligare för att bilden skall bli tillräckligt nyanserad.

Tabell 2.1 Nuvarande årskonsumtion samt kända och utvinningsvärda reserver av energiråvaror i miljoner ekvivalenta ton olja. Kvoten mellan reserver och konsumtion anger hur många år reserverna skulle räcka med nuvarande årsförbrukning.

Energislag	Nuvarande årskonsumtion	Reserver	Kvot
Olja	2 840	86 000	30
Naturgas	1 060	49 000	46
Kol	1 740	2 500 000	1 437
Uran	50	15 400	308
Summa	5 690	2 650 400	466

De i tabellen angivna reserverna är som nämnts kända och med hänsyn till nuvarande priser utvinningsvärda reserver. Redan dessa siffror är emellertid förenade med betydande osäkerhet, vilket bl a sammanhänger med den snabba prisuppgången på råolja och andra energiråvaror under 1973. Denna prisuppgång har medfört att en del reserver som inte varit utvinningsvärda i början av 1973 blivit det därefter. Storleken av dessa tillförda reserver är svår eller omöjlig att skatta med större precision.

Utöver kända och utvinningsvärda reserver finns kända men inte utvinningsvärda reserver. För bl a oljan är dessa reserver stora, vilket bl a sammanhänger med att det inte lönar sig att utvinna mer än ca en tredjedel av en oljeförekomst. Av de resterande två tredjedelarna kan en mindre del (ca 5–10 % av den totala oljemängden i oljefältet) utvinnas med hjälp av s k sekundärutvinningsteknik till betydligt högre kostnader än den första tredjedelen. Sekundärutvinning är ibland lönsam. Skall man få fram mer olja än vad sekundärutvinningen ger torde kostnaderna i de flesta fall bli mycket höga. För ett oljefält inträffar alltså i allmänhet – vad utvinningskostnaderna beträffar – en hög tröskel när ca en tredjedel utvunnits. En närmare redogörelse för dessa förhållanden är emellertid inte möjlig eftersom förhållandena varierar starkt från fält till fält och data saknas.

För naturgas är den genomsnittliga utvinningen ur ett fält avsevärt högre än för olja och den återstående bufferten därför mindre.

För uran är bilden i väsentliga avseenden annorlunda än för olja och naturgas. Till att börja med finns för uranet relativt detaljerade uppgifter om brytningskostnader för skilda fyndigheter. Den reservsiffra som är angiven i tabell 2.1 – dvs 15 400 miljoner ekvivalenta ton olja – svarar sålunda mot den mängd uran som kan utvinnas till en kostnad som är lägre än 10 dollar/pund uranoxid ( $U_3O_8$ ). Redan idag känner man emellertid ungefär lika stora reserver som kan brytas för 10–15 dollar/pund. För ytterligare kostnadshöjningar tillförs ytterligare betydande kvantiteter. Det finns alltså inte för uranet en distinkt tröskel med hänsyn till utvinningskostnaderna på samma sätt som för oljan. Eftersom dessutom priset på förädlad energi från kärnkraftanläggningar har låg känslighet för bränslepriset medför måttliga prishöjningar på förädlad energi mycket betydande ökning i de utvinningsvärda uranreservernas storlek.

Uranet kan utnyttjas med mycket varierande effektivitet. Effektiviteten sammanhänger med val av reaktortyp, utformningen av anrikningsprocessen osv. De kända och utvinningsvärda reserver av uran som finns angivna i tabell 2.1 är beräknade med utgångspunkt från dagens reaktorer och under förutsättning av att plutonium återvinnes från det utbrända bränslet. De s k bridreaktorerna, som ännu inte finns i kommersiellt utförande, utnyttjar emellertid bränslet 50–100 gånger effektivare än nu använda reaktorer. Om man istället för dagens reaktorer tänker sig bridreaktorer så ökar alltså de i tabell 2.1 angivna reserverna 50–100 gånger. Till detta kommer att bridreaktorn har en ännu mycket mindre känslighet för bränslepriset än andra reaktorer. Den kan därför tänkas bli ekonomisk även för mycket svårutvunnet uran, tex de nära nog

obegränsade urankvantiteterna i världshavens vatten.

De idag kända reserverna av de olika bränslena kan i framtiden också utökas genom nyupptäckt. Osäkerheten om oupptäckta reservers storlek är mycket stor när det gäller olja och naturgas. Det finns dock stora i princip prospektiva områden som är ofullständigt eller inte alls undersökta. Även när det gäller uran kan ytterligare prospektering ge betydande resultat.

### 2.1.3 Tänkbara framtida utvecklingslinjer

Den framtida energikonsumtionens utveckling bestäms i hög grad av prisutvecklingen på råolja. Priset på råolja, den idag klart dominerande primärenergiformen, steg mycket kraftigt under 1973. I Persiska viken femdubblades t ex priset grovt räknat. I stora drag gäller att råoljepriserna från att i början av 1973 ha varit klart lägre än kostnaderna för andra energislag som t ex kol mot slutet av året blivit klart högre. Priserna på dessa andra primärenergiformer har till viss del följt råoljepriset. Den beskrivna utvecklingen innebär att produktions- plus transportkostnadernas andel av råoljepriset blivit allt mindre och nu utgör knappt 20 % av rådande råoljepris i Europa.

Frågan om vad som orsakat den mycket kraftiga prisuppgången på råolja under 1973 är komplicerad och delvis också kontroversiell. Till stor del kan dock prisuppgången förklaras av att producentländerna utnyttjat sin möjlighet till monopolprissättning. Den globala oljeexporten är koncentrerad till ett fåtal länder som tillhör samarbetsorganisationen OPEC. De stigande råoljepriserna torde inte i egentlig mening kunna sägas vara ett uttryck för fysisk brist på råolja.

Prisbilden karakteriseras sålunda av relationerna mellan två grupper av energiråvaror. I den ena gruppen finns enbart råoljan. Denna energiråvara kan produceras till mycket låga kostnader och den finns i ganska rikliga kvantiteter, men utbudet har ett klart monopolistiskt drag. I den andra gruppen finns övriga energiråvaror. Priserna på dessa kan antingen tänkas följa råoljepriset eller vara kostnadsbaserade.

En förändring av priser och prisrelationer kan i framtiden tänkas inträffa om t ex OPEC-samarbetet upphör eller om mycket stora oljeupptäckter görs utanför OPEC-området. Priset påverkas emellertid inte bara av sådana händelser, vars sannolikhet det är svårt eller omöjligt att yttra sig om. Det kan också hållas tillbaka genom utveckling av de alternativa primärenergikällor som idag kan ge energi till lägre kostnader än vad som bestäms av det nuvarande höga råoljepriset. Avgörande för vilken prispress sådana åtgärder kan medföra är den andel i den globala primärenergiförsörjningen dessa energikällor kan få i förhållande till OPEC:s andel. Prispress kräver ju inte bara låga kostnader för de konkurrerande energislagen utan också att de produceras i tillräckliga kvantiteter. Vid sidan om utvecklingen av alternativa primärenergiformer spelar självfallet också åtgärder som verkar återhållande på totalkonsumtionen en mycket stor roll för den framtida prisutvecklingen.

För att få ett kvantitativt grepp om den framtida globala energi-



konsumtionen är det av intresse att diskutera några räkneexempel. Med hänsyn till den centrala roll som oljan spelar, och som belysts ovan, har räkneexemplen konstruerats så att olika antaganden gjorts om den möjliga framtida utvecklingen för andra energislag än olja och för totalkonsumtionen. Antagandena är redovisade i tabell 2.2. Ur dessa antaganden får man fram oljekonsumtionen som en rest.

I det första räkneexemplet, som illustreras av figur 2.2 (sid 32), har förhållandevis optimistiska antaganden gjorts om möjligheterna att utveckla andra primärenergiformer än olja och också om möjligheterna att hålla totalkonsumtionen tillbaka. Resultatet blir en efter hand starkt krympande andel för oljan. I det andra exemplet – figur 2.3 (sid 33) – har andra primärenergiformer än olja utvecklats i betydande grad, även om det inte skett lika snabbt som i det första exemplet. Totalkonsumtionen har antagits öka i samma takt som den gjort i genomsnitt de senaste tio åren. I det fallet ökar istället oljans andel under hela den studerade tiden fram till 1995.

Innan resultaten av de båda räkneexemplen ytterligare kommenteras är det av intresse att närmare beröra de överväganden som ligger bakom de antagna utvecklingstakterna.

Vattenkraften är till stor del redan utbyggd i de områden där behovet av energi framför allt ökar i framtiden, dvs i de stora industriländerna. En kraftig utveckling av vattenkraften bedöms därför inte möjlig. I båda räkneexemplen har antagits att ökningen är 4 % per år under resten av 1970-talet och därefter 2 % per år. Under de senaste 10 åren har den genomsnittliga ökningen varit 5,3 % per år (med genomsnittlig öknings-takt menas här och i det följande den konstanta årliga procentuella tillväxt som leder från konsumtionsnivån vid en periods början till konsumtionsnivån vid periodens slut).

Den utveckling som kärnkraften givits i de två räkneexemplen representerar alternativ som enligt expertbedömningar anses tänkbara. I det första exemplet är det fråga om bedömningar som blivit aktuella efter

Tabell 2.2 Den globala energikonsumtionens utveckling. Antagna årliga tillväxter i % i två räkneexempel. Siffrorna för kärnkraften är genomsnittliga för perioderna.

Exempel 1	Vattenkraft	Kärnkraft	Kol	Naturgas	Totalkonsumtion
1974–1980	4,0	24,1	5,0	8,0	5,0
1981–1985	2,0	21,3	5,0	7,0	4,0
1986–1990	2,0	13,3	5,0	6,0	4,0
1991–1995	2,0	11,5	5,0	5,0	3,0
Exempel 2	Vattenkraft	Kärnkraft	Kol	Naturgas	Totalkonsumtion
1974–1980	4,0	23,6	2,5	6,0	5,2
1981–1985	2,0	17,3	2,5	5,0	5,2
1986–1990	2,0	12,9	2,5	4,0	5,2
1991–1995	2,0	11,3	2,5	3,0	5,2

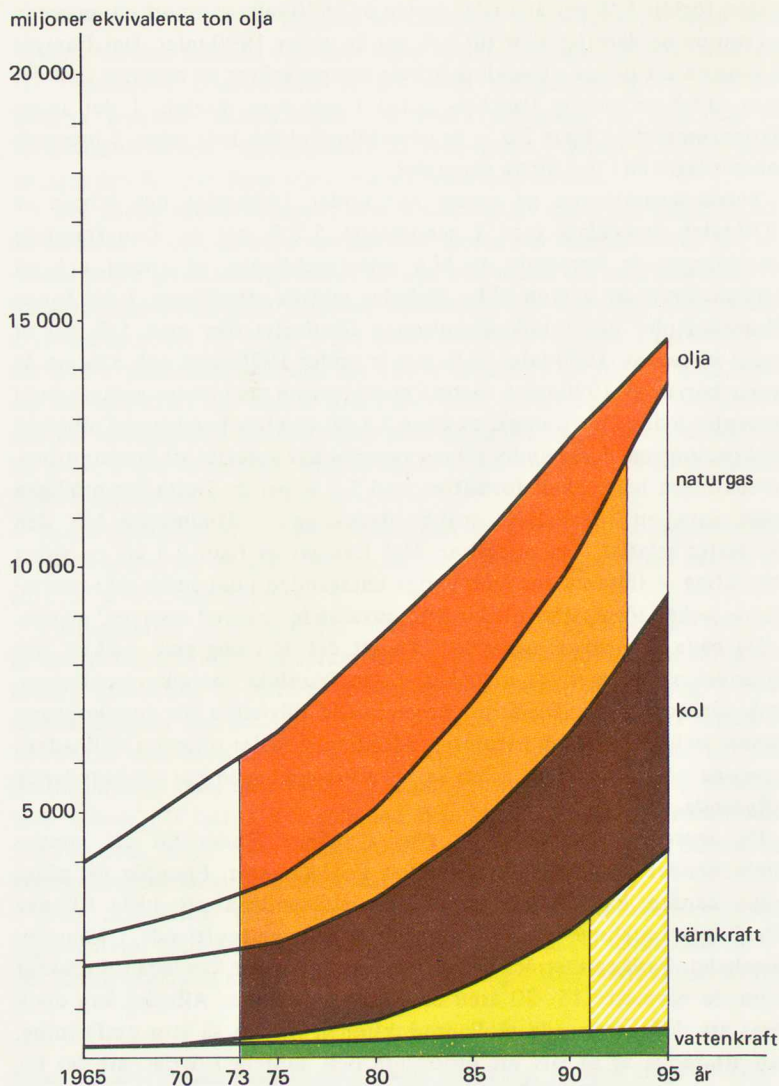
takten förblir 8 % per år under resten av 1970-talet samt att en successiv nedtrappning därefter sker till 5 % per år under 1990-talet. Det framgår av figuren att denna utveckling kräver nyupptäckter av naturgas och det finns alltså en möjlig flaskhals också i resursens storlek. I det andra räkneexemplet – figur 2.3 – är utvecklingstakten hela tiden 2 procentenheter lägre än i det första exemplet.

Totalkonsumtionen av energi har under 1960-talet och början av 1970-talet utvecklats med i genomsnitt 5,2 % per år. Den framtida utvecklingen är beroende av bl a prisutvecklingen på energi och på möjligheterna att genom olika åtgärder minska efterfrågan. I det första räkneexemplet har totalkonsumtionen förutsatts öka med 5 % per år under resten av 1970-talet, 4 % per år under 1980-talet och 3 % per år under början av 1990-talet. Detta i kombination med övriga antaganden i exemplet leder som framgår av figur 2.2 till en efter hand starkt minskad oljekonsumtion. I det andra räkneexemplet har antagits att konsumtionsutvecklingen helt enkelt fortsätter med 5,2 % per år. Detta kan möjligen anses vara en realistiskt snabb utveckling – åtminstone bör den förutsätta relativt låga oljepriser. Det framgår av figur 2.3 att en sådan utveckling – tillsammans med övriga antaganden i det andra räkneexemplet – också förutsätter tillskott till nuvarande "proved reserves" av olja.

De båda räkneexemplen visar bl a att det är i hög grad osäkert hur oljeandelen kommer att utvecklas i den framtida energikonsumtionen. Små förändringar i den årliga procentuella tillväxten för totalkonsumtionen, och för kol- och naturgasproduktionen, leder till stora skillnader i avseende på oljeandelen. Även kärnkraftutvecklingen har ett betydande inflytande.

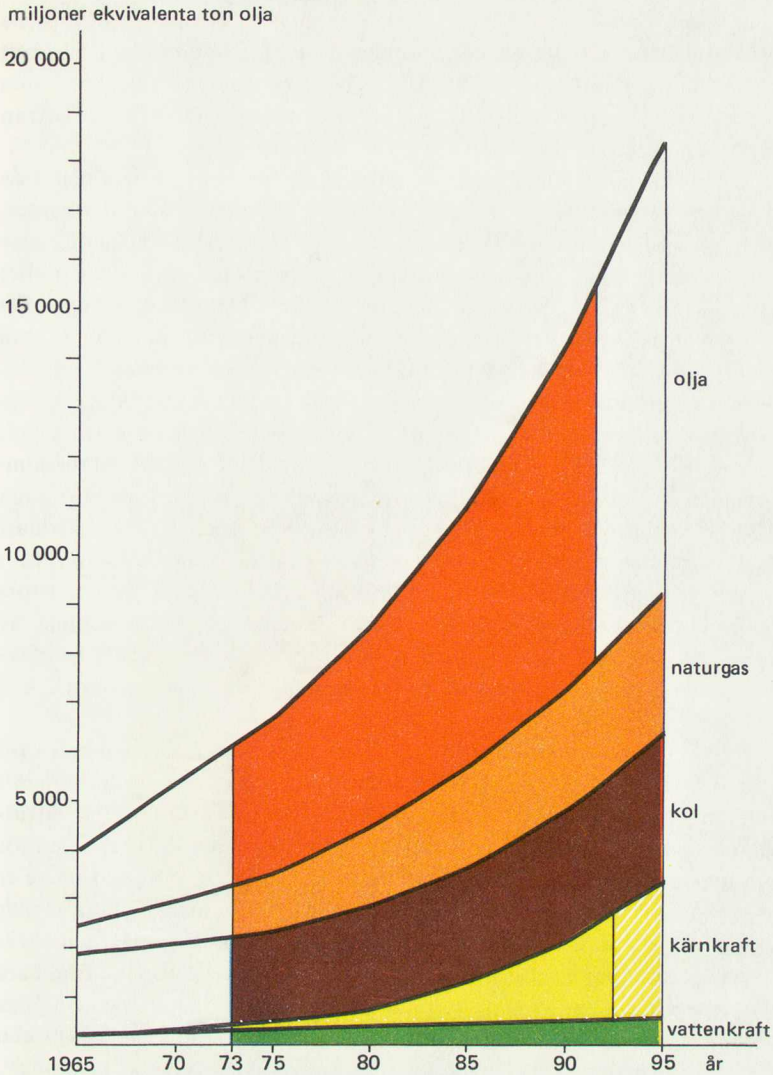
De ansträngningar som fn görs i många länder för att minska oljeberoendet är till betydande del av FoU-karaktär. Framför allt gäller detta kanske kärnkraften, kolet och strävandena att hålla tillbaka efterfrågeutvecklingen genom effektivare energiutnyttjande i konsumtionsledet. I vilken utsträckning dessa ansträngningar kan leda till resultat inom de närmaste 15–20 åren är svårt att bedöma. Allmänt kan dock sägas att den nuvarande råolja produktionen har en så stor omfattning, och att råolja är så lätt att producera och hantera i övrigt, att det för varje annan energiform är mycket svårt att uppnå en stor och ökande andel inom ramen för en ökande totalkonsumtion. Det första räkneexemplet – figur 2.2 – visar också att även om man lyckas utveckla alternativa energiformer relativt snabbt så kan ändå ett mycket stort oljeberoende kvarstå under de närmaste tio åren. Denna period är såtillvida speciellt kritisk. Detta är ett skäl för att inom energipolitiken fästa speciellt avseende vid åtgärder som verkar på kort sikt.

Ett starkt oljeberoende innebär att de oljeproducerande länderna har en betydande frihet att reglera råoljepriset efter egna önskemål – både uppåt och nedåt. Möjligheten till prishöjningar är den aspekt som hittills berörts i denna framställning. Men det är också viktigt att betona att priset – just eftersom det har så litet kostnadsinslag – kan sänkas avsevärt. En sådan dumpning kan från oljeländernas sida kanske synas motiverad om industriländernas utveckling av alternativa och konkur-



Figur 2.2 En tänkbar utveckling av den globala energikonsumtionen enligt räkneexempel 1.

De fyllda fälten i figur 2.2 och 2.3 – i den mån de slutar före år 1995 – markerar den mängd av resursen som ingår i nuvarande reserver enligt tabell 2.1. För uran har även nu kända fyndigheter som kan brytas till en kostnad av 10–15 dollar per pund uranoxid lagts in som streckade fält. Dessa fyndigheter svarar alltså mot en större konsumtion än den fram till år 1995. Vattenkraften och kärnkraften är i figur 2.2 och 2.3 (men enbart i dessa figurer) dimensionerad som den motsvarande mängd olja som åtgår för att ersätta elproduktionen från dessa kraftslag.



Figur 2.3 En tänkbar utveckling av den globala energikonsumtionen enligt räkneexempel 2.

De fyllda fälten i figur 2.2 och 2.3 – i den mån de slutar före år 1995 – markerar den mängd av resursen som ingår i nuvarande reserver enligt tabell 2.1. För uran har även nu kända fyndigheter som kan brytas till en kostnad av 10–15 dollar per pund uranoxid lagts in som streckade fält. Dessa fyndigheter svarar alltså mot en större konsumtion än den fram till år 1995. Vattenkraften och kärnkraften är i figur 2.2 och 2.3 (men enbart i dessa figurer) dimensionerad som den motsvarande mängd olja som åtgår för att ersätta elproduktionen från dessa kraftslag.

oljekrisen vintern 1973/74. I båda exemplen är den procentuella utvecklingstakten mycket högre under de närmaste åren än fram mot 1990-talet. Under åren 1974 och 1975 antas sålunda tillväxten vara omkring 50 % per år (tabell 2.2 ger alltså bara den genomsnittliga siffran för hela perioden 1974–80).

Tänkbara flaskhalsar för kärnkraftutbyggnaden finns på flera håll: t ex svårigheter att få fram de stora reaktorkärnen och andra stålkomponenter, brist på nödvändig kvalificerad personal, fördröjning vid behandling av tillståndsfrågor osv. Av figuren framgår också att viss bränsleknapphet efter hand kan uppstå. Detta innebär att man kan tvingas öka prospekteringsinsatsen och övergå till lägvärdigare uranmalmer än de som nu utnyttjas samt att behovet av brytare kan accentueras.

För kolproduktionen har i de två exemplen antagits utvecklingshastigheter på 5,0 respektive 2,5 % per år under hela tiden fram till 1995. Vilken ökningstakt som faktiskt är möjlig är dock mycket svårbedömbart. Den globala kolproduktionen har under de senaste tio åren (1961–1971) ökat med i genomsnitt 1,4 % per år, men detta är självklart inget mått på vad som är möjligt eftersom flera stora kolproducenter under perioden minskat sin produktion. Polen, som är ett stort kolproducerande land och som satsat kraftigt på en utveckling av verksamheten, har under samma period haft en genomsnittlig produktionsökning på 3,1 % per år. I USA har ökningen varit i genomsnitt 2,8 % per år.

Hur snabbt kolproduktionen kan komma att öka i framtiden beror till stor del på utvecklingen i USA. USA har den största kolproduktionen i världen idag och har dessutom stora reserver av förhållandevis lättutvunnet kol. Stora insatser görs också i USA för att utveckla tekniken för produktion, förädling och användning av kol. Enligt en del bedömare är en utvecklingstakt på 5–6 % per år möjlig i USA, medan andra menar detta vara orealistiskt. Den i det första räkneexemplet antagna utvecklingen på 5 % per år globalt kan därför nog anses optimistisk. Tänkbara flaskhalsar finns av flera slag: det kan bli svårt att få fram den nödvändiga arbetskraften, att tillräckligt snabbt producera nödvändig brytnings- och transportutrustning, att tillräckligt snabbt vidareutveckla brytnings-, transport- och konsumtionsteknik, att lösa de olika miljö- och landskapsvårdsproblemen osv. Däremot finns det ingen knapphet på kol som skulle kunna verka återhållande på utvecklingen.

Den globala naturgasproduktionen har som tidigare nämnts utvecklats mycket snabbt under senare år – genomsnittet efter 1961 har varit 8,0 % per år. Vad som är möjligt i framtiden sammanhänger till stor del med utvecklingen i Sovjetunionen där de särklassigt största reserverna finns. Reserverna är emellertid otillgängligt belägna och utnyttjandet kräver bl a uppbyggnad av omfattande rörtransportsystem över den euroasiatiska landmassan. Tillgången på rör kan möjligen visa sig bli kritisk för utvecklingen av naturgasproduktionen. De politiska relationerna mellan Sovjetunionen och andra länder som kan medverka vid exploateringen – framför allt USA – är säkert också av stor betydelse.

I det första räkneexemplet – figur 2.2 – har antagits att utvecklings-

rerande energiformer hotar att bli alltför framgångsrik. När man beskriver villkoren för forsknings- och utvecklingsarbete inom energiområdet är därför råoljeprisets möjliga fluktuationer en viktig aspekt.

Den framtida tillgången på primärenergi är emellertid inte bara en prisfråga utan i väsentlig utsträckning också en leveranssäkerhetsfråga. Just det förhållandet att utbudet av olja till stor del kontrolleras av ett litet antal länder – och oljebolag – innebär att större eller mindre delar av de globala oljeflödena lätt kan stängas av. Inte bara ifråga om olja finns det anledning att ta hänsyn till möjligheten av uteblivna leveranser. Situationen är delvis likartad ifråga om anrikat uran, för vilket det bara finns ett fåtal leverantörer. Sedan åtskilliga år har USA varit den enda exportören av anrikat uran, men nu har även Sovjetunionen börjat komma in i bilden. En kommersiellt inriktad västeuropeisk anrikningsverksamhet är under uppbyggnad.

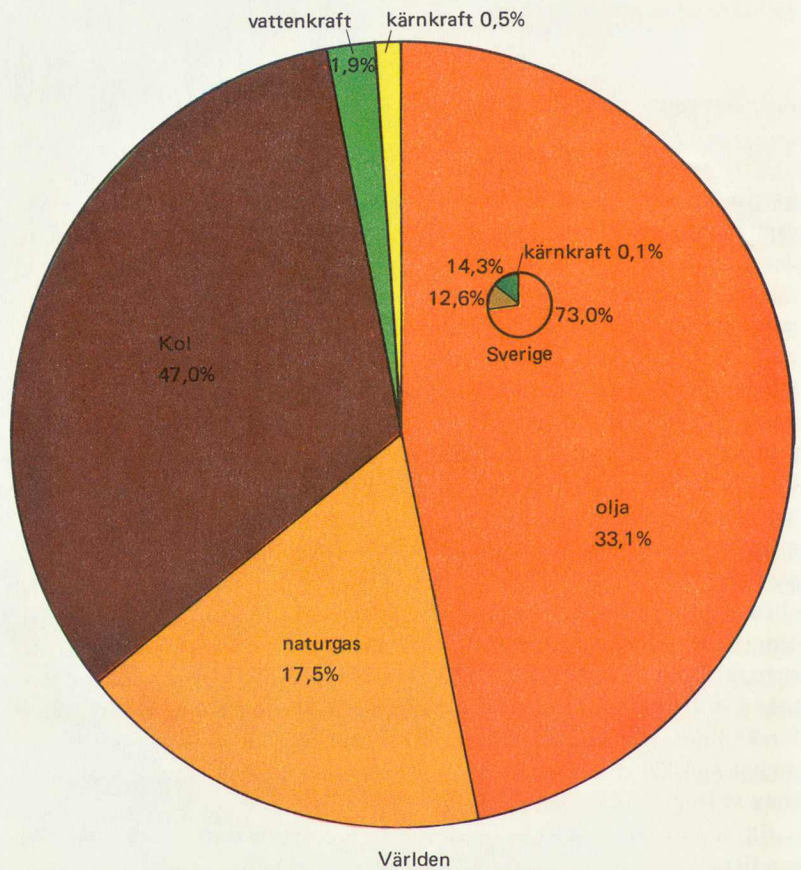
## 2.2 Sveriges energiförsörjning

### 2.2.1 En "sektororienterad" beskrivning av energiförsörjningen

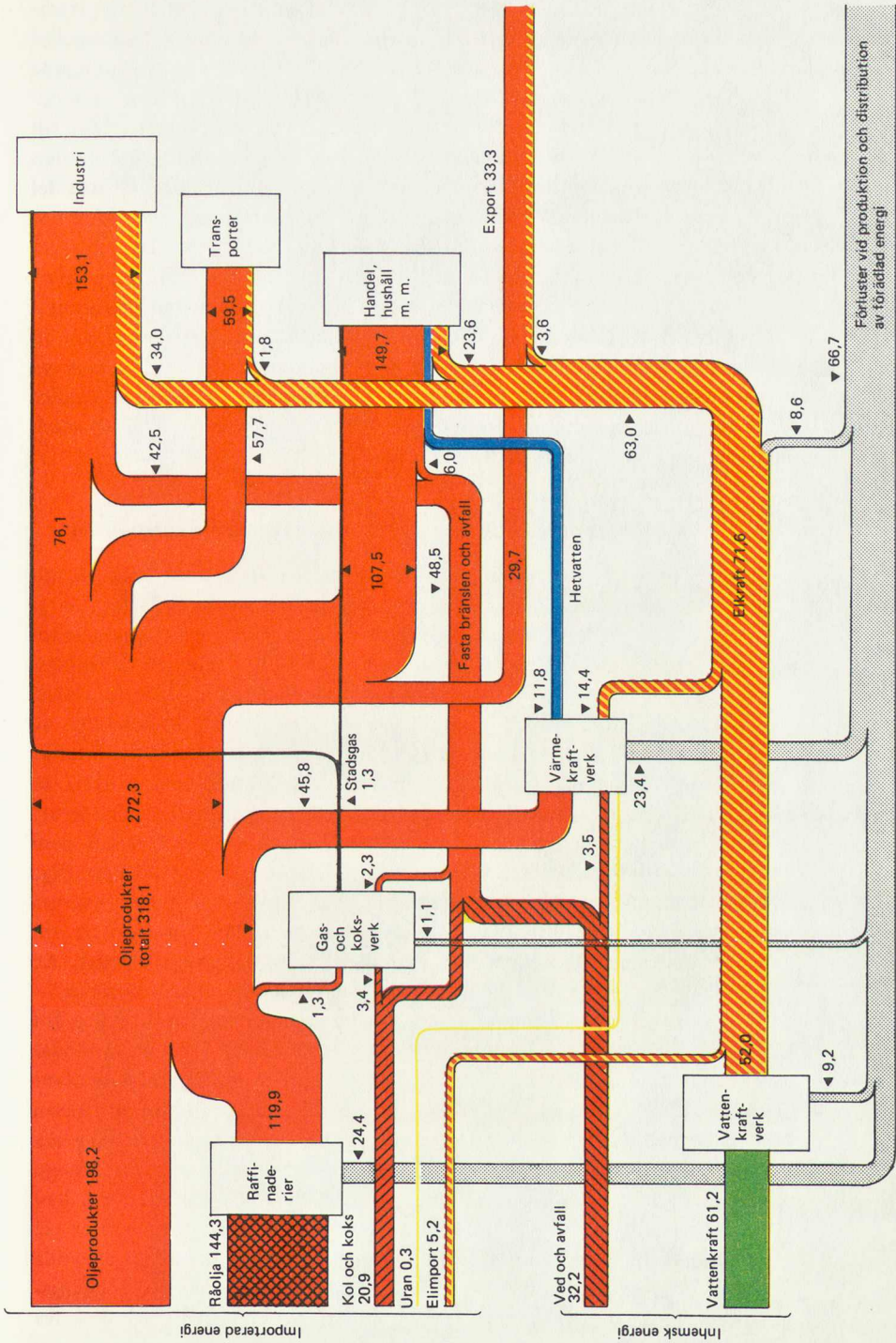
Sverige är bland de länder i världen som har högst energikonsumtion per capita, men trots det utgör den svenska konsumtionen endast 0,7 % av den globala.

Den svenska primärenergiens sammansättning och volym i internationell jämförelse framgår av figur 2.4. Figuren visar till att börja med att oljan spelar en dominerande roll i Sverige – den står för inte mindre än 73 % av den tillförda primärenergin. Detta starka oljeberoende innebär samtidigt ett starkt importberoende. Därefter viktigast bland primärenergierna är vattenkraften som står för 14 %. Eftersom oljan till viss del omvandlas till elenergi – och eftersom den omvandlingen inte kan ske med högre verkningsgrad än ca 30 % – är det i vissa sammanhang missvisande att jämföra oljans 73 % med vattenkraftens 14 %. Även om man tar hänsyn till detta – t ex genom att dividera den tillförda oljemängden med tre – så kvarstår emellertid oljan som den mest utnyttjade primärenergiformen. Vattenkraften är i egenskap av inhemsk energikälla av stor betydelse bl a från beredskapssynpunkt. Karakteristiskt för den svenska energiförsörjningen är vidare att någon naturgas inte förekommer och att kolandelen är mycket liten. Kolkonsumtionen har stadigt minskat under senare år, även i absoluta tal. Urankonsumtionen är ännu så länge mycket liten.

En bild av energiomvandlingar och slutkonsumtion av energi i Sverige ger figur 2.5, som beskriver förhållandena 1971. Av intresse är bl a att inte mindre än 78 % av den elkraft som producerades inom landet kom från vattenkraftverk (ett normalår är den siffran 75 %). Det framgår vidare att man från värmekraftverken förutom el också får en del hetvatten som tas tillvara för uppvärmningsändamål. Sverige ligger vid en internationell jämförelse långt framme när det gäller att ta tillvara spillvärmets från elproduktionen, men det torde gå att öka spillvärmeutnyttjandet betydligt.



Figur 2.4 Primärenergikonsumtionen i världen och i Sverige 1971. Cirkelytan är proportionell mot energikonsumtionen.



Figur 2.5 Sveriges energiförsörjning 1971 i TWh. Figuren återges efter medgivande av Ångpanneföreningen.



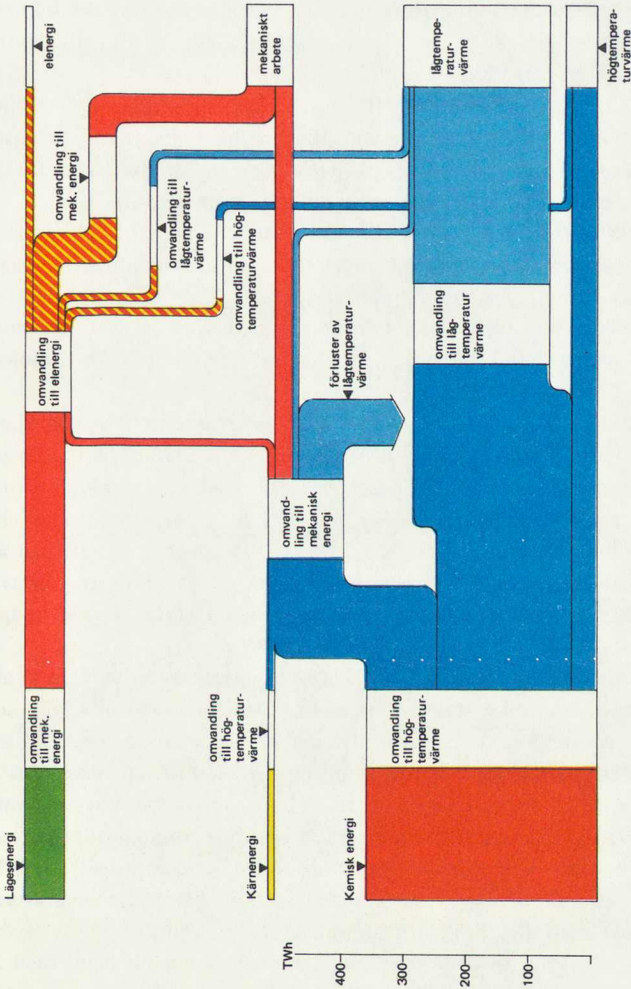
På konsumtionssidan skiljer figur 2.5 på sektorerna industri, transporter och handel och hushåll. Industrin konsumerar ungefär lika mycket energi som handel och hushåll, 42 respektive 41 % av den konsumerade energin, medan återstående 17 % faller på transportsektorn. Energi-användningen inom handel och hushåll går till mycket stor del till lokaluppvärmning, och detsamma gäller en inte oväsentlig del av den inom industrin konsumerade energin. Sammantaget går alltså en stor del av den svenska energiförbrukningen till lokaluppvärmning.

Figur 2.5 illustrerar de totala energiflödena över ett helt år men säger ingenting om de variationer som sker över dygnets och årets olika delar. Dessa variationer är emellertid av största betydelse för energiförsörjnings-systemets utformning. Den energi som går åt till lokaluppvärmning, och som ju utgör en stor del av den totala energikonsumtionen, konsumeras väsentligen under vinterhalvåret. Drivmedelskonsumtionen är istället störst under sommarhalvåret. Dygnsvariationerna innebär bl a en stark ökning av elkonsumtionen under dagtid.

### 2.2.2 En energitekniskt orienterad beskrivning av energiförsörjningen

Vid en principiell diskussion av möjligheterna att effektivisera energiförsörjningssystemet är det av stort värde att veta vilka typer av energi (värme, mekaniskt arbete osv) som ytterst efterfrågas och vilka omvandlingar mellan sådana energiformer som äger rum i energiförsörjningssystemet. Att detta är av intresse sammanhänger med att energiomvandlingarna är underordnade grundläggande naturlagar. Omvandling av värmeenergi till mekanisk energi kan t ex inte ske utan att man samtidigt får vissa förluster i form av spillvärme. En konsekvens av detta är följande: Om man har en viss kvantitet olja och använder den för att driva en turbin, som i sin tur driver en generator som ger elektricitet, som i sin tur används för att värma upp ett hus, så får man ut väsentligt mycket mindre värme än om man direkt hade använt oljan för att värma upp huset. Detta beror på att omvandlingen från värmeenergi till mekanisk energi i turbinen inte kan ske utan stora energiförluster. Av grundläggande betydelse är vidare betingelserna för värmeöverföring – värme övergår alltid från varmare till kallare medier och överföringen är i den bemärkelsen irreversibel. Ett hett metallföremål kan t ex användas för att värma upp vattnet i en kastrull, men processen kan inte spontant gå i motsatt riktning. Under energitillförsel kan emellertid processen vändas med hjälp av en värmepump. Olika energislag har också olika lagringsegenskaper: kemisk energi kan lagras obegränsat, värmeenergi endast under kort tid och elenergi i större skala inte alls (däremot kan elenergi lagras om den först omvandlas till andra energiformer, t ex till kemisk energi i en elektrisk ackumulator). Principer av de här antydda slagen är av största betydelse då man försöker ge ett energiförsörjningssystem optimal utformning. Därför är det också av vikt att beskriva energiflödena på ett sådant sätt att det klart framgår vilka energiomvandlingar som äger rum.

Flödesschemat i figur 2.6 är utformat på det angivna sättet. I schemat



Figur 2.6 En energitekniskt orienterad beskrivning av Sveriges energiförsörjning 1971. Figuren är schematisk och beskrivs närmare i texten.

görs åtskillnad mellan från naturvetenskaplig synpunkt skilda typer av energi såsom mekanisk energi (i form av lägesenergi eller rörelseenergi), värmeenergi, kemisk energi, kärnenergi och elektrisk energi. Beträffande värmeenergi har också införts en distinktion mellan högtemperaturvärme och lågtemperaturvärme (gränsen vid ca 150–200°C). All energi-omvandling som omvandlar energi av ett sådant slag till ett annat har samlats i en ruta i figuren. Så har t ex all omvandling av kemisk energi till högtemperaturvärme samlats på ett ställe. Figur 2.6 avser, på samma sätt som figur 2.5, energiflödena i det svenska samhället år 1971. Det bör dock betonas att det inte finns statistiskt underlag för en exakt beskrivning av energiflödena efter de principer som tillämpats i figur 2.6. Figuren ger därför bara en ungefärlig, men i sina huvuddrag dock korrekt, bild av situationen 1971. En sådan ungefärlig bild är tillfyllest för det resonemang som förs här.

Figur 2.6 har principiella fördelar när det gäller att diskutera effektiviseringsmöjligheter, men samtidigt är den uppenbarligen abstraktare än figur 2.5. Det är därför befogat att mera konkret, och punkt för punkt, ange vilka processer som ingår i de olika omvandlingarna.

*Omvandling från lägesenergi till mekanisk energi (rörelseenergi).* Här avses den lägesenergi som finns hos det i våra vattenmagasin lagrade vattnet. Omvandlingen av denna energi till rörelseenergi sker genom kraftverkens vattenturbiner. Den roterande rörelsen hos dessa turbiner är alltså den från omvandlingen utgående mekaniska energin. Omvandlingen sker med hög verkningsgrad – över 90 %.

*Omvandling från kärnenergi till högtemperaturvärme.* Omvandling av detta slag sker i kärnreaktorer. Kärnenergin finns lagrad i atomkärnorna hos det klyvbara materialet i reaktorns bränslestavar. Under klyvningsprocessen omvandlas denna energi till bla högtemperaturvärme hos i första hand bränslestavarna själva. Detta värme överförs sedan till ånga. Verkningsgraden i denna typ av omvandling är starkt beroende av hur man beräknar energiinnehållet i kärnbränslet. Det är därför knappast meningsfullt att ange en bestämd siffra.

*Omvandling från kemisk energi till högtemperaturvärme.* Den kemiska energin finns hos olika slag av bränslen såsom olja, kol, gas, ved, avfall osv. Oljan dominerar dock klart. Denna kemiska energi omvandlas till högtemperaturvärme genom förbränning. Förbränningen äger rum i ett stort antal typer av anläggningar. Exempel är värmepannor i hetvattencentraler och värmeverk, oljekraftverkens pannor, villapannor, masugnar, bilmotorer osv. Verkningsgraden vid dessa omvandlingar är starkt varierande och beroende av en lång rad faktorer. Det är t ex svårare att åstadkomma en fullständig utbränning av fasta bränslen än av flytande och gasformiga och följaktligen kan verkningsgraden bli lägre med fasta bränslen. Förbränning som ingår som led i snabba processer – t ex i förbränningsmotorer – kan också bli ofullständig med låg verkningsgrad som följd.

*Omvandling av högtemperaturvärme till mekanisk energi.* I kraftverkens ångturbiner omvandlas värmeenergin i den heta ångan till mekanisk energi hos den roterande turbinen. I gasturbiner omvandlas

värmet i heta förbränningsgaser till mekanisk energi i ett roterande turbinhjul. I kolmotorer, t ex i fordon, överförs förbränningsgasernas värmeenergi till mekanisk energi i vevaxeln. Som redan nämnts sker dessa omvandlingar av termodynamiska skäl med låg verkningsgrad – under 40 %. Det högtemperaturvärme som därvid inte omvandlas till mekanisk energi kommer istället ur processen i form av lågtemperaturvärme (spillvärme). Spillvärmets går ut i kylsystem och avgaser.

Eftersom ångturbiner alltid avger stora mängder värme vid sidan om den mekaniska energin, så är det vanligt att turbinen medvetet utformas på ett sådant sätt att värmet går att ta tillvara. Detta kan i så fall leda till en minskad produktion av mekanisk energi. I de fall då värmet tas tillvara i form av processånga eller hetvatten använder man sk mottrycksturbiner eller avtappningsturbiner. Turbiner som används enbart för att få ut så mycket mekaniskt arbete som möjligt kallas kondensurbiner. Den principiella skillnaden mellan dessa olika turbin typer ligger i utformningen av kylsystemet på turbinens utgångssida.

*Omvandling av mekanisk energi till elenergi.* Elenergi fås genom omvandling av mekanisk energi. Den mekaniska energin kommer som framgår av figuren dels från turbinerna i värmekraftverken (oljekraftverk och kärnkraftverk), dels från vattenturbiner. Omvandlingen till elenergi sker i roterande generatorer. Verkningsgraden är hög – över 90 %.

*Omvandling av elenergi till mekanisk energi.* Denna omvandling sker i elektriska motorer av skiftande storlek. Stationära motorer finns i fabriker, hushåll osv. Inom transportsektorn används elektriska motorer för drift av spårbundna fordon. Verkningsgraden är hög men beroende av bl a motorstorleken. Stora motorer har en verkningsgrad över 90 %.

*Omvandling av elenergi till lågtemperaturvärme.* Denna omvandling sker bl a i anläggningar för elektrisk lokaluppvärmning och i elektriska torkanläggningar.

*Omvandling av elenergi till högtemperaturvärme.* Denna omvandling sker bl a i stålugnar av ljusbågstyp och induktionstyp. Elsvetsning är ett annat exempel på denna typ av omvandling.

*Omvandling av högtemperaturvärme till lågtemperaturvärme.* Omvandling av detta slag sker närhelst man åstadkommer en uppvärmning till måttliga temperaturer med hjälp av avsevärt högre temperaturer. Som exempel kan nämnas att man i en villa använder en flamma (i värmepannan) som är flera hundra grader varm för att åstadkomma en rumstemperatur på ca 20 grader. En sådan omvandling innebär i och för sig ingen energiförlust, men den innebär en förlust av fri energi dvs energi som kan omvandlas till mekaniskt arbete.

Flödesschemat i figur 2.6 visar inte bara vilka energiomvandlingar som äger rum, utan också i vilka former energin slutkonsumeras. Det framgår att huvuddelen av elenergin omvandlas till andra energiformer innan den konsumeras, men för elektrokemiska processer (t ex aluminiumframställning) sker en slutkonsumtion av elektricitet. Den energi som slutkonsumeras i form av mekaniskt arbete kommer dels från elmotorer och dels från förbränningsmotorer. Det mekaniska arbetet används till stor del för förflyttningar (framför allt transportsektorn) och till olika typer av

mekanisk bearbetning inom industrin. Den energi som slutkonsumeras i form av lågtemperaturvärme – syftet är främst lokaluppvärmning och torkning – kommer till övervägande delen från högtemperaturvärme som åstadkommit just för att få fram lågtemperaturvärme. Mindre kvantiteter lågtemperaturvärme kommer dock också från omvandling av elenergi, och från spillvärme som blivit över vid omvandling av värmeenergi till mekanisk energi. Den energi som konsumeras i form av högtemperaturvärme, t ex för smältning av metaller, kommer till mycket stor del direkt från förbränning, t ex av metallurgisk koks, men en mindre del kommer också från omvandlad elenergi. Högtemperaturprocesserna ger upphov till betydande mängder spillvärme.

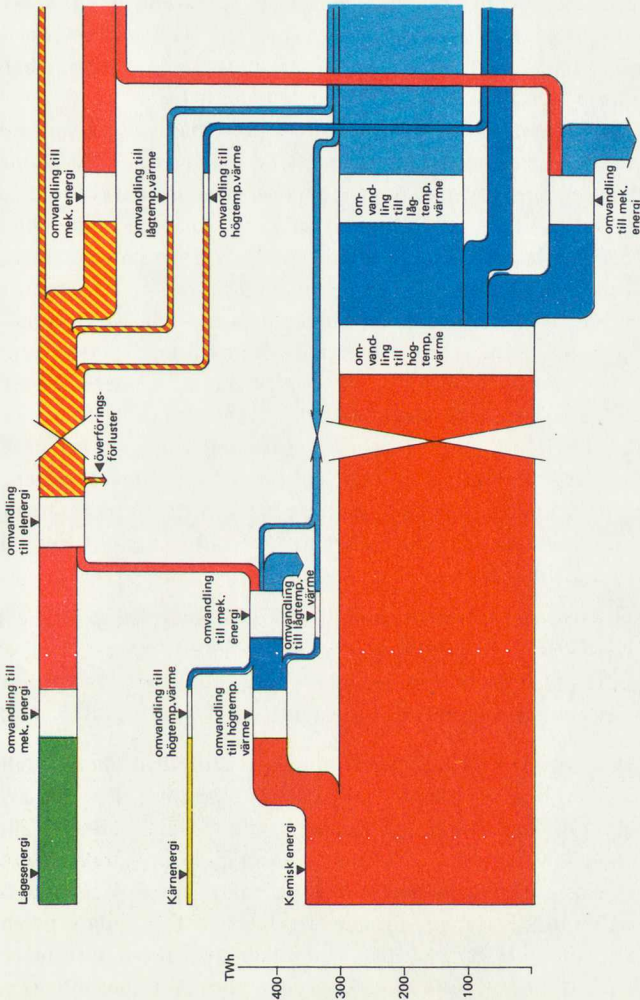
Redan med utgångspunkt från figur 2.6 kan man säga en del om vilka möjligheter som finns att effektivisera energiförsörjningssystemet. Till stor del innebär dessa möjligheter ett bättre tillvaratagande av spillvärme från bl a elproduktion och högtemperaturprocesser. Produktionen av spillvärme är ju omfattande och behovet av lågtemperaturvärme stort. Det bör dock betonas att med effektivisering menas i detta sammanhang endast minskning av energiförluster. Om detta också är ekonomiskt gynnsamt är en annan och mer komplicerad fråga. Det måste också betonas att spillvärme inte kan utnyttjas lång tid efter att det producerats eller mycket långt från platsen där det uppstått. Energikonsumtionens fördelning över år och dygn är därför av stor betydelse för möjligheterna att utnyttja spillvärmets, liksom lokaliseringsförhållanden.

Som redan nämnts kan storleken av flödena i figur 2.6 på flera punkter endast anges approximativt. Det finns inte statistik som medger ett exakt angivande av alla flöden. Det är t ex oklart hur elkonsumtionen fördelar sig mellan omvandling till mekanisk energi och omvandling till värme. Det är också oklart hur stor den totala konsumtionen av lågtemperaturvärme – lokaluppvärmning plus processvärme – är. Ett noggrannare kartläggande av dessa förhållanden framstår i sig själv som en mycket angelägen uppgift. En inventering av den totala "värmekonsumtionen" i landet – dvs total omfattning, geografisk spridning och temperaturnivåer – vore av stort värde.

### *2.2.3 En energitekniskt och marknadsmässigt orienterad beskrivning av energiförsörjningen*

Det är möjligt att utvidga beskrivningen av det svenska energiförsörjningssystemet så att man får en klarare bild av förhållandet mellan producenter och konsumenter av energi. För att belysa detta förhållande är det av värde att klart skilja mellan energiråvaror (primärenergi) å ena sidan och förädlad energi å den andra. Den förädlade energin – dvs elkraft av viss kvalitet, bensen av viss kvalitet osv – är sådan energi som köps av konsumenterna för att användas för olika syften.

I figur 2.7 har energiflödena i det svenska samhället – återigen avseende 1971 – beskrivits med utnyttjande av distinktionen mellan primärenergi och förädlad energi. Figuren, som i övrigt är analog med den



Figur 2.7 En energitekniskt och marknadsmässigt orienterad beskrivning av Sveriges energiförsörjning 1971. Figuren är schematisk och beskrivs närmare i texten.

tidigare figur 2.6, visar i sin vänstra del vilka omvandlingar av primärenergi som äger rum i det svenska energiförsörjningssystemet innan energin försäljs till konsumenterna. Den vänstra halvan beskriver alltså på ett schematiskt sätt verksamheten hos energiproducerande företag. Den högra delen av figuren visar de energiomvandlingar som äger rum hos konsumenterna, vilka köpt förädlad energi. Gränsen mellan den vänstra och den högra delen av figuren är alltså dragen genom de punkter i energiflödena där försäljningen av den förädlade energin äger rum.

Inom parentes kan sägas att figur 2.7 också på en annan punkt ger en klarare bild än figur 2.6. Omvandlingen från högtemperaturvärme till mekanisk energi är ju förlagd till en enda punkt i figur 2.6, trots att omvandlingen sker i så olika typer av apparatur som ångturbiner, gasturbiner och explosionsmotorer. I figur 2.7 hålls processerna automatiskt isär eftersom turbinerna faller i figurens vänstra halva och explosionsmotorerna (i huvudsak) i den högra halvan.

Energiförsörjningssystemet kan alltså principiellt sägas vara uppbyggt av två delar. I den första (i figuren vänstra) delen omvandlas primärenergi till förädlad energi. I den andra (högra) delen konsumeras förädlad energi för olika syften. Då man diskuterar processerna i den högra delen är det viktigt att betona att förädlad energi inte är något som efterfrågas för sin egen skull. Förädlad energi är en av många produktionsfaktorer som används vid framställandet av olika slags nyttigheter. Ytterst är det efterfrågan på sådana nyttigheter – rumsvärme, persontransporter, godstransporter osv – som föranleder efterfrågan på energi. Priset på den förädlade energin, och den försålda kvantiteten, bestäms av denna härledda efterfrågan och av utbudet. Utbudet kan i sin tur påverkas av samhällets taxebestämmelser och skattepolitik. Allmänt gäller att om priserna på primärenergi stiger så stiger också priserna på förädlad energi.

I ett läge av stigande relativpriser på förädlad energi blir följande typer av åtgärder av intresse:

1. Åtgärder på utbudssidan som håller tillbaka prisuppgången på förädlad energi.
2. Åtgärder på användningssidan som ökar produktiviteten (produktionsresultat per insatt enhet) hos produktionsfaktorn förädlad energi.

Vid diskussionen av hur prishöjningar på förädlad energi skall kunna motverkas är det av intresse att närmare beskriva den del av energisystemet som omvandlar primärenergi till förädlad energi (alltså den vänstra delen av figur 2.7). Denna del kan sägas vara karakteriserad av en viss verkningsgrad (förhållandet mellan marknadsförd mängd förädlad energi och tillförd mängd primärenergi) och det är vidare förenat med vissa kostnader att bygga upp, underhålla och driva systemet. Det är uppenbart att en mycket hög verkningsgrad hos systemet inte är generellt önskvärd. Visserligen innebär en hög verkningsgrad att man sparar energi men å andra sidan är det förenat med kostnader för systemet att höja verkningsgraden. Allmänt kan man dock säga att om primärenerpriserna stiger så blir det av intresse – om systemet dessförinnan varit optimalt utformat – att höja verkningsgraden. Om prishöjningarna bara gäller vissa

primärenergiformer blir det också av intresse att genomföra åtgärder som medför ett mer omfattande utnyttjande av andra, billigare primärenergiformer. Oavsett utvecklingen av primärenergipriserna är det dessutom rent allmänt av intresse att sänka kostnaderna för systemet eller delar av systemet.

Att höja produktiviteten hos produktionsfaktorn förädlad energi kan från teknisk synpunkt vara mer eller mindre komplicerat. I många fall finns redan känd teknik som blir lönsam som en konsekvens av en energiprisstegring, men som inte varit det dessförinnan. Förstärkt isolering av hus är ett exempel på sådan känd teknik. I andra fall, då det inte finns någon känd teknik, är det istället så att incitamenten att utveckla ny teknik ökar när energipriserna stiger. I likhet med situationen för energiproduktionssystemet (vänstra delen av figur 2.7) är det inte heller för energianvändningssystemet (högra delen av figur 2.7) generellt av intresse att höja produktiviteten hos produktionsfaktorn energi, utan detta är beroende av kostnaden för dessa åtgärder.

Den vänstra och den högra delen av figur 2.7 skiljer sig även i andra intressanta avseenden. Verksamheten i den vänstra halvan domineras sålunda av ett litet antal mycket stora företag, det förekommer tekniska och administrativa monopol osv. Verksamheten inom den högra halvan är mera svåröverskådlig, men kan allmänt sägas vara långt mer diversifierad.

Det sätt att beskriva energiförsörjningssystemet som redovisats i detta avsnitt kommer att utnyttjas i den fortsatta framställningen.

### 2.3 Sveriges framtida energiförsörjning

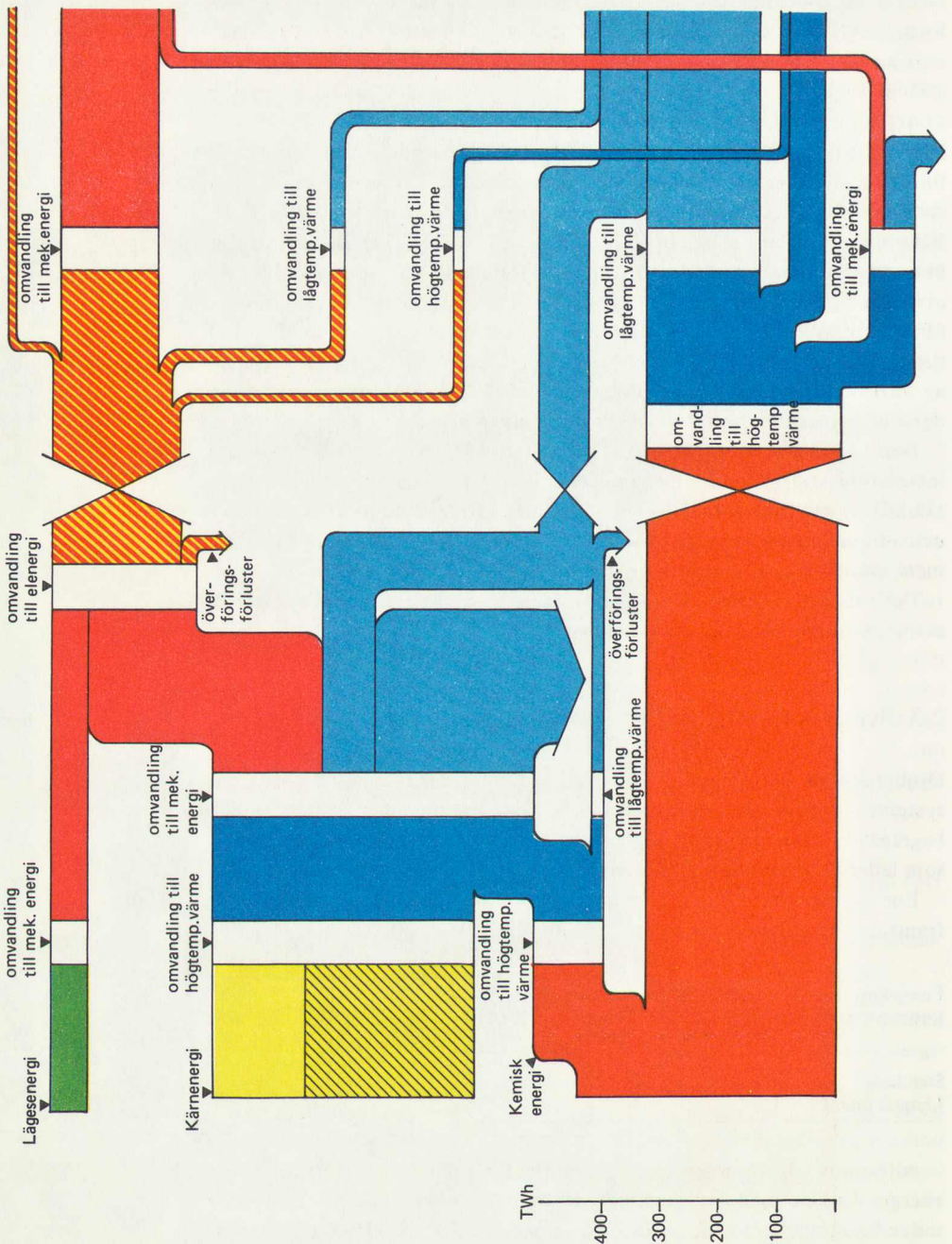
Möjligheterna att påverka det nuvarande svenska energiförsörjningssystemet — både på produktions- och konsumtionssidan — är självklart begränsade. Däremot är möjligheterna stora när det gäller den utbyggnad som leder till framtida energiförsörjningssystem.

Energiutredningen räknar med fyra huvudalternativ för det framtida energiförsörjningssystemet enligt följande uppställning:

Energi-konsum-tionsutveckling	Fortsatt kärnkraftutbyggnad	
	accepteras	stoppas
Snabbare	1	2
Långsammare	3	4

Alternativ 1 representerar en fortsättning av den hittills förda energipolitiken med en successiv utbyggnad av kärnkraften utöver de redan beslutade elva reaktorerna. Inga särskilda ansträngningar görs för att dämpa efterfrågeutvecklingen. De övriga tre alternativen kan beskrivas som avvikelser från alternativ 1. I alternativ 2 stoppas sålunda kärnkraftutbyggnaden, men något försök att hålla tillbaka efterfrågeutvecklingen görs inte heller i detta fall. En stor del av kärnenergin i alternativ 1 måste alltså ersättas med bl a fossila bränslen. I alternativ 3 accepteras en





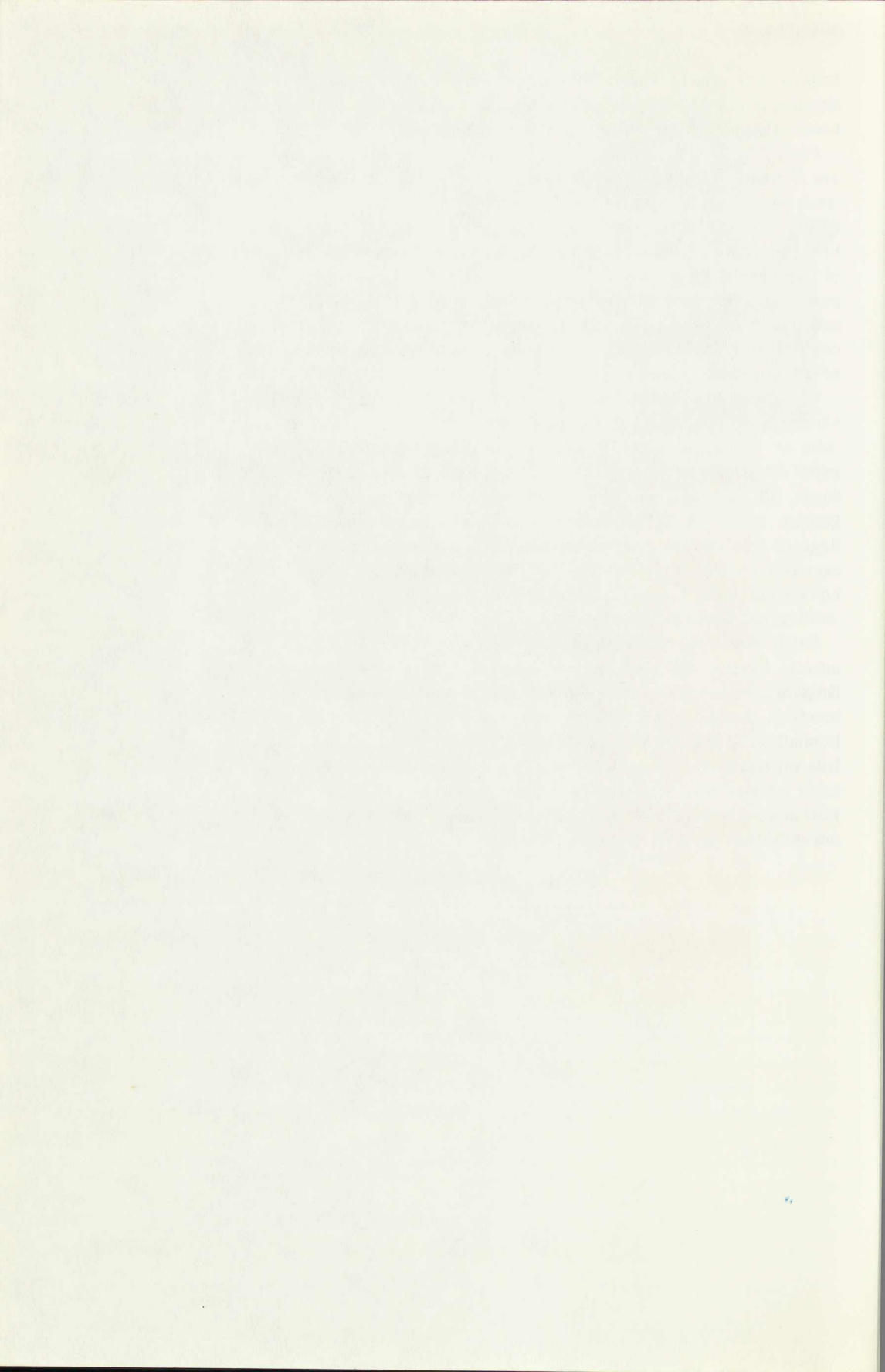
Figur 2.8 En tänkbar utformning av Sveriges energiförsörjning 1990. Se vidare texten.

fortsatt utbyggnad av kärnkraften, men konsumtionsutvecklingen är långsammare än i alternativ 1. I alternativ 4 slutligen förutsätts både kärnkraftstopp och återhållen konsumtionsutveckling.

Figur 2.8 visar hur den svenska energiförsörjningen kan se ut år 1990 om alternativ 1 förverkligas. På produktionsidan är sålunda en omfattande utbyggnad av kärnkraften genomförd. På konsumtionsidan visar figuren en fördelning mellan olika energityper som är förenlig med EPU:s prognoser. Det bör dock betonas att dessa prognoser är inriktade på energianvändningen inom olika samhällssektorer såsom industri, transporter osv, och inte på energityper. Figuren är därför behäftad med osäkerheter av samma slag som de som redan påtalats för figurerna 2.6 och 2.7. Även de i figuren angivna energiomvandlingarna är förenliga med EPU:s prognoser.

Om istället alternativ 2 förverkligas så ersätts ungefär två tredjedelar av kärnenergin i alternativ 1 med annan energi, framför allt kemisk energi i form av fossila bränslen. Den mängd kärnenergi som försvinner ligger inom det streckade fältet i figur 2.8. Motsvarande mängd måste alltså läggas till den ingående kemiska energin och möjligen också vattenkraften. Dessutom sker naturligen en del förändringar i energiomvandlingarna. Den andel av primärenergien som omvandlas till elenergi kommer exempelvis troligen att minska i jämförelse med alternativ 1. Som en konsekvens därav kommer antagligen en del lokaluppvärmning med el att ersättas med direkt oljeuppvärmning.

Enligt energiprognosutredningen blir efterfrågedämpande åtgärder av intresse framför allt i alternativen 3 och 4, dvs alternativen med den långsammare energikonsumtionsutvecklingen. Sådana åtgärder kan bl a innefatta insatser för forskning och utveckling. För energiprogramkommittén är den centrala uppgiften just att peka på sådan FoU som kan leda till effektivare energihushållning. Kommitténs arbete är alltså till sin natur inriktat mot en återhållen konsumtionsutveckling. Vilka typer av FoU-insatser som faktiskt blir av intresse är emellertid delvis beroende av om en fortsatt kärnkraftutbyggnad accepteras eller ej.



### 3 Pågående forskning och utveckling inom energiområdet

#### 3.1 Inledning

I detta kapitel ges en beskrivning av i Sverige pågående FoU inom energiområdet. Framför allt behandlas sådan FoU som finansieras med allmänna medel och därför är av speciellt intresse för energiprogramkommittén. Beskrivningen är huvudsakligen baserad på en enkätundersökning som utfördes i början av 1974 och vidare på i övrigt kända förhållanden. Avsikten är att ge en bild av FoU-verksamhetens omfattning och huvudsakliga inriktning under budgetåret 1973/74. Beskrivningen omfattar också en redogörelse för anslags- och organisationsförhållanden.

Det är av flera skäl svårt att ge mera än en översiktlig bild av FoU-verksamheten i ovannämnda avseenden. Detta beror bl a på att det faktamaterial som stått till kommitténs förfogande kan innehålla luckor trots den genomförda enkätundersökningen. Dessutom är det vanskligt att klart avgränsa vad som är "forskning och utveckling inom energiområdet". Detta avgränsningsproblem har flera aspekter. Det kan t ex vara svårt att avgränsa FoU från mera rutinbetonad produktutveckling inom industrin. Det kan också vara svårt att avgöra om en viss verksamhet faller inom energiområdet eller inte. Många typer av forskning har t ex klara tillämpningar inom energiområdet men har också lika klara tillämpningar inom andra områden. Detta gäller t ex viss materialforskning. En likartad svårighet föreligger beträffande mycket utvecklingsarbete – hur skall man t ex klassificera en allmänteknisk utveckling av elektriska motorer som bl a gör motorerna energisnålare, men som också gör dem bättre i andra avseenden. Till de nämnda svårigheterna kan dessutom fogas synpunkten att det kan finnas forskning som vi i dag inte är beredda att klassificera som "forskning och utveckling inom energiområdet" men som på sikt kan bli av stor betydelse för energiförsörjningen.

I det följande redovisas först resultatet av enkäten i ett separat avsnitt. Detta leder fram till en kvantifierad men förhållandevis onyanserad och ofullständig bild av pågående FoU. För att ge en bättre bild kompletteras i ett följande avsnitt med annat tillgängligt material.

### 3.2 Enkäten

Vid årsskiftet 1973/74 skickade energiprogramkommittén ut en enkät till myndigheter, institutioner, företag m fl angående forskning och utveckling inom energiområdet. Enkätsvarens utförlighet varierar kraftigt från fall till fall. Svaren från den icke affärsdrivande delen av den offentliga sektorn är förhållandevis utförliga, medan svaren från affärsdrivande verk och företag naturligt nog är mer knapphändiga. När det gäller industrin finns det säkert också åtskilliga företag som bedriver energi-FoU men som inte berörts av enkätundersökningen. Detta innebär, i linje med kommitténs syfte, att den fortsatta skildringen är utförligare för sådan FoU som finansieras med allmänna medel än för sådan som finansieras privat. Det innebär också att skildringen av forskningen är förhållandevis utförlig, medan beskrivningen av utvecklingsarbetet är mera fragmentarisk.

Den för enkätundersökningen grundläggande enheten är *projekt*. Frågeformuläret var inriktat på projekt och egenskaper hos dessa projekt. I huvudsak är också svaren projektindelade, men inte helt och hållet. Det har därför i vissa fall varit nödvändigt att ur svaren försöka utläsa vad som kan betraktas som projekt och vad som gäller om dessa antagna projekt. Här finns alltså ett visst inslag av tolkning i bearbetningen. Även i de fall då svaren är projektindelade kan det från fall till fall vara stor skillnad på vad som menas med projekt. Storleken varierar t ex mycket kraftigt. Med reservation för det ovan nämnda inslaget av tolkning så redovisas i enkätsvaren sammanlagt 261 projekt inom energiprogramkommitténs intresseområde.

De 261 projekten är redovisade i tabell 3.1. Tabellen är uppdelad i två huvudavdelningar med hänsyn till om projekten är finansierade med allmänna medel (90 projekt) eller ej (171 projekt). De projekt som finansieras med allmänna medel kan, för att nämna några av de betydelsefullaste formerna, vara finansierade direkt över statsbudgeten, av forskningsråd eller av styrelsen för teknisk utveckling. Detta innebär att projekt som finansieras med allmänna medel ofta utföres vid t ex universitet och högskolor, men de kan också utföras vid privata företag om de t ex är finansierade med STU-medel. Till de icke allmänt finansierade projekten räknas sådana som finansieras av privata företag liksom även sådana som finansieras av statliga företag och affärsdrivande verk, t ex statens vattenfallsverk. De icke allmänt finansierade projekten bedrivs i stor utsträckning vid de finansierande företagen, men till kategorin hör också ett betydande antal uppdragsforskningsprojekt vid t ex de tekniska högskolorna.

För att beskriva kostnadsbilden ger enkäten inte tillräckligt underlag. För ett stort antal projekt finns inga kostnader alls angivna, framför allt gäller detta projekt inom industrin. I många fall då det finns kostnadsuppgifter är det oklart hur kostnadsberäkningen är gjord. För universitets- och högskoleprojekt är kostnaderna antagligen ofta underskattade. Kostnaderna för institutionslokaler, för på institutionerna förekommande apparater, samt för ordinarie löner är många gånger inte inräknade.

Tabell 3.1: Pågående FoU-projekt inom energiområdet

	Finansierade med allmänna medel			Ej finansierade med allmänna medel		
	Total- antal pro- jekt	Antal pro- jekt med kostn uppg	Totalkost- nad för projekt med kost- nadsuppg tkr	Total- antal pro- jekt	Antal- pro- jekt med kostn uppg	Totalkost- nad för projekt med kost- nadsuppg tkr
1 Uranprospektering och -utvinning	2	2	2 500			
2 Urananrikning	1	1	6 600			
3 Plutoniumåterföring	1	1	1 100			
4 Lättvattenreaktorer	9	7	19 750	12	4	6 260
5 Gaskylda högtem- peraturreaktorer	1	1	2 200	1		
6 Bridreaktorer	1	1	3 500	1		
7 Vattenkraft	2			3	1	30
8 Värmekraftverk och turbiner	6	6	853	24	14	4 020
9 MHD-generatorer	1	1	200	1		
10 Pump- och luftmaga- sinkraftverk				3	2	1 150
11 Elddistribution	1	1	100	21	1	250
12 Distribution av värme	5	5	1 500	4	1	60
13 Distribution av gas	1	1	90	1		
14 Utnyttjande av fasta bränslen	4	1	100	21	5	1 230
15 Energi ur biosystem	2	2	75			
16 Strömkällor i nya energisystem	3	3	230			
17 Fusionsenergi	3	3	2 100			
18 Energianv., industrin	4	3	230	34	5	953
19 Energianv., transp.	8	3	320	16	3	3 950
20 Energianv., lokalkomf.	20	9	839	11	4	330
Övrigt	15	14	1 274	18	7	1 137
Summa av detta AB Atomenergi	90	65	43 561	171	47	19 370
Summa exkl AB Atom- energi	81	56	8 925			

Ett utöver dessa kostnader nödvändigt forskningsanslag kan då kanske redovisas som den enda kostnaden för ett visst projekt. Det hör också till undantagen i svaren att lönekostnader och materialkostnader särredovisats. Ytterligare en svårighet är att kostnaderna inte alltid är särredovisade på enskilda projekt, utan i stället uppgivits som klumpsummor för grupper av projekt. I den mån det varit möjligt att ur enkätsvaren utläsa kostnader per år för enskilda pågående projekt så har emellertid en kostnadsredovisning skett i tabell 3.1.

Det framgår av tabellen att en mycket större andel projekt kostnadsredovisats bland de allmänfinansierade än bland de andra. Totalkostnaden för de kostnadsredovisade allmänfinansierade projekten är nära 44 milj kronor per år, och för de övriga drygt 19 milj kronor per år. Frågan om hur stor årskostnaden för icke kostnadsredovisade allmänfinansierade

projekt kan vara diskuterat i avsnitt 3.4. En kostnadsmissigt mycket stor andel av de allmänfinansierade projekten bedrivs vid AB Atomenergi, vilket framgår av särredovisningen nederst i tabellen.

I tabellen har de olika projekten fördelats på 20 sakområden. Fördelningen är baserad på den i kapitel 2 gjorda uppdelningen av energiförsörjningssystemet i en del som producerar förädlad energi, och en del som använder sådan energi. Grupperna 1–17 avser sålunda energiproduktion, och grupperna 18–20 energianvändning.

Tabellen visar omedelbart den mycket kraftiga dominansen för FoU avseende fissionsenergi, dvs områdena 1–6, samt den blygsamma satsningen inom energianvändningsområdet.

Tabellen antyder också vilka projektstorlekar som förekommer inom olika områden. Inom vissa områden måste verksamheten drivas i stor skala för att kunna ge resultat, medan inom andra områden meningsfulla insatser låter sig göras i mycket liten skala. För att ta ett exempel så finns inom urananrikningsområdet ett enda mycket stort projekt, vilket dessutom närmast är att betrakta som en uppföljning av en långt större internationell verksamhet. Inom urananrikningsområdet, liksom inom flera andra områden, är stordriftskraven påtagliga. Tar man i stället som exempel området byggande och lokalkomfort – inom det området finns olika projekt som har med lokaluppvärmning, isolering, osv. att göra – så finner man flera mycket små projekt.

Tabellen ger vidare en viss bild av vilka typer av projekt som är allmänfinansierade och vilka som inte är det. Till den tidigare gruppen hör bl a en stor del av FoU-verksamheten inom fissionsområdet, samt mera grundforskningsbetonad verksamhet som inom t ex fusionsområdet. Till den senare gruppen hör bl a stora projekt avseende värmekraftverk och turbiner (framför allt vid Stal-Laval) och inom eldistributionsområdet (framför allt vid Asea och statens vattenfallsverk).

Tabellen är också av intresse genom att den även anger inom vilka områden det inte finns några projekt. Mest slående är kanske avsaknaden av projekt inom kolväteprospektering, kolväteutvinning och petroleumraffinering.

Till gruppen övrigt har hänförs projekt som är så allmänna till sin syftning att det varit svårt att klassificera dem. Hit hör en del projekt avseende materialfrågor (stål, betong m m), vissa marknadsstudier m m.

I det följande ges en mer detaljerad beskrivning av de olika FoU-områdena i samma ordningsföljd som i tabell 3.1.

### 3.3 Ytterligare beskrivning av pågående forskning och utveckling

#### 3.3.1 Uranprospektering och uranutvinning

Inom området uranutvinning redovisas i enkäten sammanlagt två projekt. Det klart största av dessa avser uranutvinning ur fyndigheterna vid Ranstad på Billingen. Det andra gäller utvinningsundersökningar på andra

uranförande svenska malmer, främst i Arjeplogområdet.

De största kända uranfyndigheterna i Sverige – fyndigheterna är också de största i världen i prisklassen 10–15 \$/lb uranoxid – ligger vid Ranstad i Västergötland. Ranstadsverksamheten har under de senaste åren befunnit sig i en fas då man sökt utröna de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för utvinning i stor skala. Under det senaste budgetåret var det direkta statliga stödet till verksamheten 2,2 miljoner kronor. Resultatet av verksamheten presenterades sommaren 1974 och förhandlingar har upptagits mellan AB Atomenergi och andra intressenter om eventuell framtida exploatering. Om dessa förhandlingar leder till positivt resultat så skall kostnaderna enligt statsmakternas tidigare direktiv bäras av exploatörerna.

Det andra projektet inom uranutvinningsområdet gäller utvinning ur andra uranmineraliseringar än de i Ranstad. Flera sådana mineraliseringar har upptäckts under senare år av Sveriges geologiska undersökning, främst i Arjeplogområdet. På prover från dessa fynd utför AB Atomenergi utvinningsförsök. Bolaget har ett särskilt statsanslag för ändamålet på 0,3 miljoner kronor per år.

### 3.3.2 Urananrikning

Lättvattenreaktorer kräver för sin drift anrikat uran. Isotopen  $U_{235}$ , som utgör 0,7 % av naturligt uran, måste finnas i en halt av 2–3 % i reaktorbränsle.

Anrikning av uran kräver mycket avancerad teknik oavsett vilken metod som väljs. Idag är det endast ett fåtal stormakter – USA, Sovjetunionen, Frankrike, England och Kina – som kan anrika uran i större kvantiteter än laboratorieskala och dessa länder har ursprungligen byggt upp sin anrikningskapacitet av militära skäl. Kärnvapen – i den mån de är baserade på uran – kräver nämligen uran med en mycket stark koncentration av isotopen 235 (ca 90 %).

Alla idag existerande anrikningsanläggningar – återigen med reservation för pilotanläggningar – är baserade på den sk gasdiffusionstekniken. Under senare år har emellertid intresset för andra alternativa förfaranden ökat snabbt. Mest utvecklad av dessa alternativa tekniker är antagligen den sk gascentrifugmetoden.

Den civila kärnkraftutbyggnaden i världen utanför kommunistländerna är starkt beroende av den amerikanska anrikningskapaciteten. Från västeuropeisk synpunkt innebär detta ett påtagligt beroendeförhållande. Dessutom kommer den amerikanska kapaciteten enligt nu gällande prognoser inte att räcka för Västeuropas behov längre än till mitten av 1980-talet. Stora ansträngningar görs därför för att bygga upp en västeuropeisk anrikningsverksamhet. Den nuvarande civila västeuropeiska anrikningsverksamheten är koncentrerad kring två sammanslutningar med skilda projekt. Den ena organisationen, Eurodif, med Frankrike som ledande nation, avser att bygga anrikningsanläggningar baserade på den beprövade gasdiffusionstekniken. Den andra organisationen, Urenco, baserar sitt arbete på den gemensamma utveckling av gascentrifugtek-



niken som sker i Västtyskland, Holland och Storbritannien.

För Sveriges långsiktiga försörjning med anrikat uran anses det vara av stor betydelse om en anrikningsanläggning kan uppföras inom landet, vilket numera bedöms vara fullt tänkbart. En sådan anläggning skulle i så fall vara baserad på centrifugteknik. Den svenska efterfrågan på anrikat uran är från mitten av 1980-talet av sådan storlek att den bedöms tillräcklig för att belägga en centrifuganläggning av ekonomisk storlek. En sådan anläggning kan ha en kapacitet av ca 1 000 ton separationsarbete per år och skulle enligt dagens bedömningar komma att kosta ca 2 000 milj kronor.

För att en eventuell framtida upphandling av centrifugteknik skall kunna ske på ett framgångsrikt sätt har det bedömts betydelsefullt att det inom landet finns en kunskapsbas avseende tekniken. Av detta skäl har man i Sverige sedan 1972 bedrivit ett s k basteknologiskt arbete, som framför allt varit inriktat på centrifugteknikens gasdynamiska aspekter. Det är detta projekt som är redovisat i tabell 3:1 och som 1973/74 drog en kostnad av 6,6 miljoner kronor. Projektet sammanhålls av AB Atomenergi, men bedrivs i betydande utsträckning vid flygtekniska försöksanstalten.

Den svenska kunskapsuppbyggnaden inom anrikningsområdet sker inte bara genom det beskrivna basteknologiska arbetet, utan också genom internationella kontakter. Sverige är f n representerat i en internationell studie av centrifugtekniken i vilken bedömningar görs av redovisad information från det pågående samarbetsprojektet mellan Holland, Västtyskland och Storbritannien. Deltagandet i denna studie ger dock endast ett begränsat informationsutbyte, eftersom sekretessbestämmelserna är långtgående.

### 3.3.3 Plutoniumåterföring

Det uran 238 som finns i bränsleelementen hos en reaktor omvandlas under drift till viss del till plutonium, vilket är klyvbart och i sin tur kan användas som reaktorbränsle. Det är därför av intresse att från utbrända bränsleelement återvinna bildat plutonium. Sådan plutoniumåtervinning ur bränsleelement från svenska reaktorer sker nu helt och hållet utomlands på uppdrag. Det finns dock med hänsyn till de stora plutoniummängder som kommer att bildas i svenska reaktorer i framtiden intresse av att från svensk sida studera de olika problem som har med plutoniumåterföring att göra. Den nuvarande svenska FoU-verksamheten inom området bedrivs vid AB Atomenergi och kostnaderna under budgetåret 1973/74 uppgick till 1,1 milj kr.

### 3.3.4 Lättvattenreaktorer

Lättvattenreaktorer av såväl tryckvattentyp som av kokartyp finns sedan flera år i kommersiell drift på många håll i världen. De stora tillverkarna av tryckvattenreaktorer är Westinghouse, Combustion Engineering och Babcock and Wilcox. Den största tillverkaren av kokarreaktorer är

General Electric. Ursprungligen utvecklades lättvattenreaktorerna – och då sådana av tryckvattentyp – för framdrivning av atomubåtar. Lättvattenreaktorerna har fått snabb spridning i samband med utbyggnaden av världens civila atomenergiproduktion.

Den svenska utvecklingen av lättvattenreaktorer – den avser som tidigare nämnts reaktorer av kokartyp – har med såväl energipolitisk som industripolitisk motivering pågått sedan början av 1960-talet. Verksamheten är i allt väsentligt förlagd till AB Atomenergi och reaktorleverantören Asea-Atom. Hittills har en svensk reaktor – Oskarshamn 1 – tagits i drift, vilket skedde 1972. Asea-Atom har beställningar på ytterligare 6 reaktorer för den svenska marknaden och en för export till Finland.

Den del av lättvattenreaktorutvecklingen som finansieras över statsanslaget till AB Atomenergi uppgick 1973/74 till 20 milj kronor. Häri ingår inte de medel som anvisats för särskilda säkerhetsarbeten, och som ligger utanför EPK:s uppdragsområde.

### 3.3.5 Gaskylda högttemperaturreaktorer

Gaskylda reaktorer har funnits under lång tid – framför allt är de vanliga i England. Dessa reaktorer, som är grafitmodererade och kylda med koldioxid, arbetar dock inte vid speciellt höga temperaturer. Det finns emellertid för närvarande på olika håll i världen ett stort intresse för reaktorer som arbetar vid väsentligt högre temperaturer och med helium som kylmedel. Gaskylda högttemperaturreaktorer säljs i dag av General Atomic, som ägs av Gulf Oil Company och Royal Dutch/Shell och som satsar stora pengar i reaktortypens vidare utveckling. Vidare finns ett antal experimentreaktorer av högttemperatortyp i USA, England och Tyskland.

De gaskylda högttemperaturreaktorerna är intressanta från flera synpunkter. Hög arbetstemperatur är gynnsam därför att den möjliggör en högre verkningsgrad i omvandlingen till elenergi. Reaktortypen erbjuder också möjligheter att ta tillvara värmeenergi i olika temperaturintervall. Bl a kan reaktorvärmets utnyttjas för att i endoterma (värmekrävande) kemiska reaktioner framställa bränslen av olika slag. Detta innebär alltså att värmeenergin omvandlas till kemisk energi, vilken till skillnad från värme lätt kan lagras och transporteras. De framställda kemiska bränslena kan användas på olika sätt, bl a som drivmedel. En intressant aspekt är att järnframställning (reduktion av järnmalm) kan ske med hjälp av väte, och att väte kan komma att framställas just med högttemperaturreaktorer.

Sammantaget finns det alltså mycket som talar för att de gaskylda högttemperaturreaktorerna på sikt kan bli av mycket stort intresse. Detta är också skälet till den uppföljning av utländska arbeten inom området som för närvarande sker vid AB Atomenergi. Något egentligt forsknings- och utvecklingsarbete avseende högttemperaturreaktorer bedrivs dock inte i Sverige. Den nuvarande svenska verksamheten är i stort sett begränsad till ett deltagande i OECD:s sk Dragonprojekt, vilket är uppbyggt kring en experimentreaktor i England. För detta deltagande, inklusive en

mycket begränsad uppföljning i Sverige, är kostnaden för närvarande 2,2 miljoner kronor per år.

### 3.3.6 *Bridreaktorer*

Bridreaktorer karakteriseras framför allt av en väsentligt mycket bättre bränsleekonomi än andra typer av reaktorer. I en bridreaktor omvandlas nämligen förhållandevis stora mängder uran 238 – i sig själv inte klyvbart – genom neutronbestrålning till klyvbart plutonium. Under drift skapas på så sätt mer klyvbart material – dvs användbart bränsle – än vad som förbrukas. Man kan med bridreaktorer utvinna omkring 50–100 gånger mer energi ur uranet än vad som är möjligt med andra reaktorer. Det är hotet om framtida knapphet på uran som gör bridreaktorn så intressant, trots att den kräver större kapitalkostnader än andra reaktorer.

Den typ av bridreaktorer som framför allt tilldragit sig stort intresse är sådana som kyls med flytande natrium. Utvecklingen av sådana reaktorer drivs med stor intensitet i åtskilliga länder, men några kommersiella bridreaktorer finns ännu inte i drift. Förhållandevis stora prototyper har tagits fram i Sovjetunionen, Frankrike och England. USA anses i vissa avseenden ligga något efter dessa länder. Det amerikanska utvecklingsarbetet, som nu pågått i 20 år, drivs å andra sidan med en mycket stor bredd och är nu det mest prioriterade av alla FoU-projekt inom energiområdet i USA. Det är därför möjligt att USA på relativt kort sikt kan hämta in andra länders försprång. Utvecklingsarbetet på natriumkylda bridreaktorer gäller en lång rad problem, men en väsentlig del avser bemästrandet av alla de svårigheter som hanteringen av hett, flytande natrium medför.

I Sverige har tidigare vid AB Atomenergi bedrivits viss forskning avseende bridreaktorer, men verksamheten skars ned väsentligt 1972. Forskningen inleddes 1959 genom konstruktionsarbeten på en nolleffektreaktor för i sammanhanget nödvändiga neutronfysikaliska undersökningar. Under perioden 1964–1972 utfördes studier av natriumteknologi i två natriumkretsar som byggdes upp i Studsvik. Den internationella utvecklingen följer AB Atomenergi bl a genom samarbete med utlandet. Sålunda finns samarbetsavtal med den brittiska atomenergikommissionen (UKAEA) och med amerikanska företag som utvecklar bridreaktorer har funnits tidsbegränsade avtal om samarbete. Beträffande den svenska verksamheten bör också nämnas att det finns svenska företag – framför allt Sandvik AB – som ligger långt framme i utvecklingen av material för bridreaktorer. Sandvik AB har levererat rörmaterial till de ovan nämnda franska och brittiska prototyperna.

### 3.3.7 *Vattenkraft*

Vattenkraften är en av tradition mycket betydelsefull energikälla i det svenska samhället, men trots detta förekommer den inte någon mera omfattande FoU-verksamhet inom området. Av allt att döma är de tekniska problem som är förknippade med vattenkraftens utnyttjande i allt

väsentligt redan lösta. Den tekniska utveckling som fortfarande kan bedrivas inom området torde kunna hänföras till kategorin marginella förbättringar av existerande teknik.

De få projekt som finns redovisade i enkäten bedrivs dels vid statens vattenfallsverk och dels vid institutionen för vattenbyggnad vid tekniska högskolan i Stockholm. Som exempel på förekommande verksamhet kan nämnas strömningstekniska utredningar, undersökningar av fallförluster i tunnlar och undersökningar av jorddammars konstruktion och stabilitet.

### 3.3.8 Värmekraftverk och turbiner

Till området "värmekraftverk och turbiner" har sammanförts alla projekt som avser konventionella fossileldade anläggningar samt turbiner, ångteknik osv. Den FoU avseende värmekraftverk som är exkluderad från området gäller alltså kärnreaktorer. Området är sålunda stort och på sätt och vis heterogent. Det framgår av tabell 3.1 att området domineras starkt av projekt som inte finansieras med allmänna medel. Till stor del är det fråga om utvecklingsprojekt hos den tunga elektriska industrin (Asea-gruppen) och kraftföretagen (framför allt statens vattenfallsverk). Verksamheten kan till stor del karakteriseras som industriell produktutveckling och ligger alltså på eller utanför gränsen för energiprogramkommitténs intresseområde.

### 3.3.9 MHD-generatorer

I magnetohydrodynamiska generatorer (MHD-generatorer) alstras energi genom att en het, joniserad gas med hög hastighet tvingas passera ett magnetfält. I gasen induceras en spänning som kan tas ut med hjälp av två elektroder. Strömmen av joniserad gas alstras genom förbränning av något bränsle — t ex ett fossilt bränsle. Principen för MHD-generatorn är sålunda enkel, men det praktiska förverkligandet av generatorn stöter på stora svårigheter. Detta beror bl a på materialproblem vid de mycket höga temperaturer det är fråga om. Ännu finns inga kommersiella MHD-generatorer i drift, men möjligen kan sådana komma fram i slutet av 1970-talet.

Det som gör MHD-generatorerna attraktiva är bl a deras höga verkningsgrad och deras lämplighet för produktion av toppkraft. Flera länder, framför allt Sovjetunionen, driver omfattande program för att få fram kommersiella MHD-generatorer. Världens största prototypanläggning finns i Moskva.

Utvecklingen av MHD-teknik är enligt gängse bedömningar synnerligen kostnadskrävande, och det bedöms inte vara möjligt att inom Sverige, kanske inte ens inom Skandinavien, driva ett självständigt och komplett utvecklingsprogram.

I Sverige bedrivs fn under ledning av AB Atomenergi ett mindre projekt avseende MHD-generatorer. Även statens vattenfallsverk medverkar. Syftet är i första hand att undersöka vilka typer av MHD-kraftverksprocesser som kan vara lämpliga hos oss.

### 3.3.10 Pumpkraftverk och luftmagasinkraftverk

Önskemålet att lagra energi över dygnscykeln kan komma att accentueras med en framtida ökande andel kärnkraft i elproduktionen. Energi kan bli lagras i vattenmagasin eller luftmagasin. Man talar om pumpkraftverk respektive luftmagasinkraftverk. I pumpkraftverket används nattströmmen för att pumpa upp vatten till ett högre vattenmagasin. Under dagtid producerar vattnet elenergi då det får falla till ett nedre magasin. I luftmagasinkraftverket sker lagringen genom att kompressorer komprimerar luft i t ex ett bergrum. Under dagen kan sedan den komprimerade luften driva generatorer.

I enkäten redovisas ett fåtal projekt avseende pumpkraftverk och luftmagasinkraftverk. Bli är Sydkraft, Stal-Laval och institutionen för vattenbyggnad vid Lunds tekniska högskola engagerade i dessa projekt.

### 3.3.11 Eldistribution

Långväga transport av elektricitet är avsevärt dyrare än transport av t ex olja eller naturgas. Bli därför är det naturligt att stora ansträngningar läggs ned på att förbättra eldistributionens ekonomi. Med högre spänning får man lägre överföringsförluster, men samtidigt ökar kraven på bli isolationsmaterial. Mycket av den forskning och utveckling som gäller eldistribution går just ut på att höja de gränser för den högsta möjliga spänningen som bli isolermaterialen sätter. Ett speciellt problem i sammanhanget är den storskaliga distribution som erfordras inom stora och växande tätortsområden. Inom sådana områden är man till stor del hänvisad till att använda jordkablar i stället för luftledning. Därmed förändras också isoleringsproblemet.

Av enkätsvaren och tabell 3.1 framgår att ett relativt stort antal forsknings- och utvecklingsprojekt inom eldistributionsområdet drivs i Sverige. De redovisade projekten drivs av Vattenfall och Asea – till viss del i samarbete – och av institutionen för elektrisk anläggningsteknik vid KTH. Området är säkert också kostnadsmässigt betydande även om inga kostnader finns redovisade i svaren. Som exempel på projekt kan nämnas utveckling av elnät för 800 kV, forskning avseende möjligheterna att utnyttja ännu högre spänningar, långtidsprov av plastjordkablar samt utveckling av system för integrerad övervakning av produktion, stamlinjenät och förbrukning.

### 3.3.12 Distribution och ackumulering av värme

Omkring hälften av den svenska energikonsumtionen går åt för lokaluppvärmning och för olika uppvärmningsändamål inom industrin. Till stor del är det fråga om uppvärmning till relativt måttliga temperaturer som vid t ex lokaluppvärmning. Uppvärmningen kan ske på olika sätt – t ex genom uppvärmningsanläggningar på platsen, genom fjärrvärmecentraler eller genom utnyttjande av spillvärme från elkraftverk. Den senare möjligheten är speciellt intressant genom att den ger en hög total verkningsgrad

hos kraftverket. Eftersom elkraftutbyggnaden enligt framlagda planer till stor del kommer att ligga på kärnkraftsidan blir det angeläget att utveckla tekniken för att ta tillvara spillvärmets från just kärnkraftverk. Detta är förknippat med speciella problem om kärnkraftverken förläggs på stora avstånd från tätorterna. Se vidare Närförläggningens utredningens betänkande (SOU 1974:56).

Kostnaderna för värmedistribution är i allt väsentligt knutna till ledningarna och FoU-problemen gäller därför ledningskonstruktion och ledningsdragning. Ett delproblem är värmetransporten från kraftverk fram till tätort, ett annat distributionen av värme inom förbrukningsområdena, framför allt i deras perifera delar.

Inom fjärrvärmeområdet drivs, som framgår av tabell 3.1, flera projekt. Bland dessa kan nämnas ett projekt vid AB Atomenergi, som syftar till att möjliggöra billigare ledningssystem genom användande av lägre vattentemperaturer, samt ett annat projekt avseende möjligheterna att överföra mottrycksvärme från Barsebäck till Lund och Malmö.

### 3.3.13 *Distribution och ackumulering av gas*

Eftersom naturgas inte används i Sverige är den nuvarande FoU-verksamheten inom området av ringa omfattning.

### 3.3.14 *Konvertering och/eller förbränning av fasta bränslen*

Intresset för att utnyttja fasta bränslen av skilda slag har ökat starkt på många håll i världen under senare år. Att olja och naturgas är förhållandevis knappa naturtillgångar medan vissa fasta bränslen – framför allt kol – finns i mycket stora kvantiteter förklarar till stor del detta intresse. Möjligheten att utnyttja avfall av skilda slag som energikälla samtidigt som avfallet destrueras är en annan bidragande orsak.

Användningen av fasta bränslen är emellertid inte problemfri. Om man använder dem direkt är det svårt att reglera förbränningen på samma sätt som då man använder flytande eller gasformiga bränslen, det är svårt att få en regelbunden inmatning av bränslet, att få en fullständig utbränning osv. Dessutom kan man få betydande miljöproblem t ex i form av stoftutsläpp. Ett omfattande tekniskt utvecklingsarbete sker på många håll i världen för att lösa dessa olika problem i syfte att möjliggöra direkt förbränning av fasta bränslen. En sådan teknik – s k virvelbädd – innebär att det fasta bränslet förbränns medan det hålls svävande av luft som blåses in underifrån. Denna teknik leder till en relativt fullständig utbränning. Den har också fördelen att svavlet till stor del kan tas bort direkt i samband med förbränningen och man slipper alltså släppa ut det med rökgaserna. Fasta bränslen kan ibland också direktförbrännas om de suspenderas i finfördelad form i flytande bränslen.

En annan huvudmetod att utnyttja fasta bränslen är att gå vägen över förgasning. Sådan förgasning brukar i allmänhet ha som första steg en partiell förbränning. Om man under värmetillförsel – reaktionen är värmekrävande (endoterm) – låter vattenånga reagera med det fasta

ämnets kol så får man som reaktionsresultat en gas som bl a innehåller koloxid och väte. Sådan gas – s k syntesgas – är i sig själv ett i många sammanhang intressant bränsle, t ex för gasturbiner och MHD-generatorer. Gasen kan också vidareförädlas till andra gasformiga eller eventuellt flytande bränslen. Att förgasningen är baserad på endoterma reaktioner ger för övrigt, som påpekats i moment 3.3.5, intressanta möjligheter att för bränsleframställning använda gaskylda högttemperaturreaktorer.

De projekt inom området som bedrivs i Sverige, och som är redovisade i tabell 3.1, är inriktade på flera olika råvaror. Det kan vara oljeförande skiffrar, grafitskiffrar, kol, torv, hushållsavfall, skogsavfall, hyvelspån osv. Flera av projekten är av allmän betydelse medan andra är speciellt inriktade på de krav som ett beredskapsläge medför. Sålunda har t ex överstyrelsen för ekonomiskt försvar initierat projekt avseende torvutnyttjande, avseende möjligheterna att konvertera förbränningsanläggningar från olja till fasta bränslen, osv. Projekt avseende gasgeneratorer för motorfordon (gengas) har dock hänförts till området transporter i moment 3.3.19.

Av de projekt som redovisats i enkäten ligger flera på institutionen för kemisk teknologi vid KTH som har en omfattande och diversifierad verksamhet inom området.

### 3.3.15 *Energi ur biosystem*

Möjligheterna att systematiskt utnyttja biologiska system för bränsleproduktion studeras nu på flera håll i världen – de biologiska systemen har ju genom fotosyntesen förmåga att omvandla solenergi till kemisk energi. Vissa förslag till processer har framlagts. Som exempel kan nämnas fotolys av vatten till väte och syre samt biokonversion till vissa högvärda bränslen som metan, alkohol och dekan. Förslag har också framlagts till integrering av sådana processer i ett solenergimatat system för produktion av syntesgas ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) ur organiskt avfall.

De i tabell 3.1 redovisade projekten syftar till utnyttjande av solenergi genom artificiellt efterliknande, eller utnyttjande, av växters fotosyntes.

### 3.3.16 *Strömkällor i nya energisystem*

De utvecklingsarbeten på bränsleceller som bedrivits under åtskilliga år för tillämpningar inom framför allt rymd- och försvarstekniken börjar nu ge resultat som på sikt kan bli av intresse för energiförsörjningen. Som exempel kan nämnas att Pratt & Whitney Aircraft tillsammans med den amerikanska kraftindustrin engagerat sig i ett stort utvecklingsprojekt avseende bränslecellkraftverk. En första demonstrationsanläggning på 26 MW skall levereras 1978. Bränslecellkraftverk bedöms med hänsyn till den låga anläggningskostnaden, den höga verkningsgraden även vid små enheter och den stora miljövänligheten särskilt lämpade för s k dispersa energisystem. Sådana system kan utgöra alternativ eller komplement till system med stora centrala kraftverk.

Det finns alltså utvecklingslinjer som pekar mot att bränslecellforsk-

ning kan komma att bli av betydande intresse i energisammanhang. Av tabell 3.1 framgår att det bedrivs en viss FoU-verksamhet med inriktning på bränsleceller i Sverige. Det kan tillfogas att den svenska verksamheten inom batteriområdet, vilken har stora likheter med bränslecellverksamheten, är mycket omfattande. Utvecklingsinsatserna inom batteriområdet beskrivs i moment 3.3.19 nedan.

### 3.3.17 Fusionsenergi

Fusionsenergi frigörs när lätta atomkärnor reagerar med varandra och bildar tyngre kärnor. Fusionsenergiforskningen är inriktad på att få tunga väteisotoper att reagera med varandra under bildande av heliumisotoper. Betydande summor satsas idag på fusionsforskning i framför allt Sovjetunionen och USA, men man har ännu inte lyckats åstadkomma någon kontrollerad fusionsreaktion.

Utvecklingen av fusionsenergin – åtminstone efter en av huvudlinjerna – kan sägas vara förenad med tre huvudproblem.

1. Temperaturen hos det joniserade vätet måste höjas mycket kraftigt – 100 till 1 000 miljoner grader – för att den önskade reaktionen skall kunna ske. Att åstadkomma denna temperatur är ett huvudproblem.
2. Vid den höga temperaturen måste plasmat – dvs den joniserade väte- och heliumgasen – kunna hållas inneslutet under tillräckligt lång tid så att en tillfredsställande energiproduktion sker. På den höga temperaturen går det inte att innesluta plasmat i någon form av materiell behållare – man måste i stället utnyttja starka magnetfält. Att åstadkomma en sådan inneslutning är ett annat huvudproblem.
3. Ytterligare ett huvudproblem är att överföra den vid reaktionen utvecklade energin till konsumerbar energi.

Den svenska fusionsforskningen omfattar enligt tabell 3.1 ett relativt litet antal projekt och den sammanlagda kostnaden uppgår till 2,1 miljoner kronor per år. Huvuddelen av dessa pengar – 1,6 milj kr – går till fusionsforskningen vid KTH. Verksamheten där gäller framför allt en speciell metod för inneslutning av plasmat – inneslutning i ringkonfigurationer. Metoden representerar en tänkbar principlösning – vid sidan om flera andra internationellt föreslagna sådana lösningar – för plasmainneslutning. Verksamheten vid KTH finansieras av atomforskningsrådet, riksbankens jubileumsfond och KTH.

Övriga svenska projekt inom fusionsområdet är av mindre omfattning och gäller olika delproblem i samband med fusionsenergens nyttiggörande.

### 3.3.18 Energianvändning inom industrin

Det framgår av tabell 3.1 att åtskilliga projekt i enkätmaterialen syftar till ett effektivare energiutnyttjande inom industrin. Projekten ligger inom olika industribranscher såsom järn- och stålindustri, kemiindustri, osv. Av naturliga skäl är huvuddelen av de redovisade projekten ej finansierade



med allmänna medel. En del av projekten utföres inom berörda industrier, andra kan ligga som uppdrag på högskoleinstitutioner. Det är dock omöjligt att ur enkätmaterialen få en hygglig totalbild av den pågående verksamheten. Inom just detta område är det säkert så att enkätmaterialen ger en mycket ofullständig täckning.

Som exempel på vad som förekommer kan dock nämnas att LKAB och Boliden AB redovisar flera icke kostnadsangivna projekt som syftar till att tillvarata spillvärme från olika processer. Dit hör tillvaratagande av varma avgaser från kulsinterverk, återvinning av värme från utgående gruvluft, tillvaratagande av överskottsvärme från slaggranulering och tillvaratagande av värme från kylning av fumingugn. Ångpanneföreningen anger projekt inom bl a massaindustriområdet. Ett antal projekt vid tekniska högskolor avseende ugnsteknik, förbränningsteknik osv kan också hänföras till området.

### 3.3.19 *Energianvändning för transporter och samfärdsel*

De projekt som är redovisade inom transportområdet är från teknisk synpunkt av mycket olika karaktär. En del av projekten gäller utveckling av elektriska batterier, en del förbränningsmotorer och något projekt gengas. Till området hör också allmänna transportsystemstudier.

Nästan hela det i tabell 3.1 redovisade beloppet inom transportområdet – nära 4 milj kr per år av icke allmänna medel – ligger på ett enda projekt, nämligen Svenska utvecklingsaktiebolagets (SU:s) projekt avseende järn-luftbatterier. SU:s projekt har hittills (t o m 1973) kostat ca 13 milj kr. Det är i första hand inriktat mot gruvfordon och gaffeltruckar för inomhusanvändning inom industrin. På sikt bedöms också utvecklingen kunna bli av betydelse för transportfordon och bussar i tätorter. Försöksverksamhet har bedrivits i samarbete med LKAB och hittills vunna resultat sägs vara uppmuntrande. Tillverkning av prototyper pågår och serietillverkning planeras till senare delen av 1970-talet. Projektet drivs i samarbete med bl a Jungner och några högskoleinstitutioner. Vid sidan om SU:s projekt finns ett fåtal mindre svenska projekt inom batteriområdet.

Inom området förbränningsmotorer för fordon redovisas ett ganska litet antal projekt. Kostnadsangivelser förekommer inte. Projekten drivs vid United Stirling, Saab-Scania, några institutioner vid KTH, samt av några medlemmar i Svenska Uppfinnarföreningen. Projekten gäller såväl motorutveckling som i något fall avgasrening. Av speciellt intresse är kanske Saab-Scantias utveckling av ångmotorer för bilar och United Stirlings utveckling av stirlingmotorer. Båda dessa motortyper karakteriseras av låg bullernivå, hög verkningsgrad och – eftersom förbränningen sker externt – flexibilitet i avseende på bränsle. Från energisynpunkt är ju verkningsgraden och bränsleflexibiliteten betydelsefulla egenskaper.

### 3.3.20 *Energianvändning för byggande, lokalkomfort och hushåll*

Av tabell 3.1 och enkätsvaren framgår att det bedrivs ett ganska stort antal projekt avseende byggande och lokalkomfort. Kostnaderna förefaller ligga ganska jämnt fördelade över olika projekt – det finns inte något dominerande projekt inom området. Projekten drivs till stor del på de tekniska högskolorna, men det förekommer också projekt hos enskilda uppfinnare, hos mindre företag, konsultbyråer osv. Dessutom kan nämnas att Saab-Scania bygger en prototyp till ett soluppvärmt hus. En stor del av projekten är finansierade av byggforskningsrådet.

Som exempel på projekt kan nämnas utveckling av metod för mätning av värmemotstånd hos ytterväggselement, studier av värmeisolering och värmetransport i byggnader, utveckling av en ackumulerande värmegrund, utveckling av reglersystem för klimatiserade byggnader, teoretiska studier av konvektion i rum, utveckling av värmepumpar för lokalkomfortändamål, studier av energitransport genom glaspartier osv.

## 3.4 Anslagsformer och organisation

Under den senaste tioårsperioden har det statliga stödet till forskning och utveckling ökat väsentligt. Inom det tekniska området utgör näringslivets andel av FoU-arbetet i landet dock närmare två tredjedelar.<sup>1</sup> Härvid avses genomförandet av FoU-arbetet. Om man däremot ser till dess finansiering så fördelar sig kostnaderna ungefär lika mellan staten och näringslivet. Skillnaden beror på att betydande FoU-insatser görs av företagen på beställning av statliga organ. Det är uppenbart att näringslivets andel härvid till sin huvuddel innefattar utvecklingsarbete medan den allmänna satsningen till betydande del avser forskningsinsatser av grundläggande karaktär.

Av tradition faller huvuddelen av ansvaret för de statliga forskningsinsatserna på utbildningsdepartementet, men industridepartementet har huvudmannaskap för frågor rörande teknisk forskning och utveckling.

Det finns inom statsförvaltningen ingen samlad myndighetsorganisation för fördelning av allmänna medel till forskning och utveckling inom energiområdet. Ansvaret för dessa frågor är för närvarande delat mellan i första hand industridepartementet, utbildningsdepartementet och bostadsdepartementet samt dessa departement underlydande organ.

### 3.4.1 *Industridepartementet och därtill knutna organ*

Under industrihuvudtiteln anvisas medel dels direkt till det forskningsutförande AB Atomenergi, dels till styrelsen för teknisk utveckling (STU) att av denna fördelas på forskningsutförande organ efter prövning av inkommande ansökningar eller genom utläggning av uppdrag. FN har vidare Kärnsäkforsk (se nedan) inom sitt verksamhetsområde en med STU likartad uppgift.

<sup>1</sup> Se industristrukturutredningens rapport Svensk industri, SOU 1974:14

Det mest omfattande energi-FoU-arbetet inom den offentliga sektorn bedrivs vid *AB Atomenergi*. Arbetet är i huvudsak inriktat på kärnkraft-baserad värme- och elproduktion med lättvattenreaktorutvecklingen som klart dominerande del av verksamhetsprogrammet, men bolagets kompetens spänner över stora delar av bl a de energitekniska och materialvetenskapliga områdena. Man anser det angeläget att studera en rad aktuella energitekniska problem, vilka kräver kvalificerad tvärvetenskaplig bearbetning.

Atomenergis budget uppgår f n till över 100 milj kr/år, varav ca hälften utgår i form av direkta statsanslag. Ytterligare ca 8 milj kr tillförs Atomenergi via forskningsråden och, främst, STU. Kärnsäkforsk ställer vidare medel till Atomenergis förfogande för forskning kring säkerhets- och miljöfrågor. Andelen allmänna medel i Atomenergis budget har minskat under senare år samtidigt som bolagets intäkter från försäljning och uppdragsforskning har ökat.

Den verksamhet som bedrivs vid AB Atomenergi med allmänna medel och som faller inom programkommitténs intresseområde är i sin helhet redovisad i tabell 3.1.

*Styrelsen för teknisk utveckling* är central myndighet för initiativ och stöd till teknisk forskning och industriell utveckling. Styrelsens finansiella stöd ges till stor del som lån med villkorlig återbetalningsskyldighet. Inom behovsområdet energiteknik under anslaget för stöd till teknisk forskning och utveckling har STU innevarande budgetår ca 9 milj kr till förfogande för projekt inom i princip hela det energitekniska området. Även inom andra behovsområden fördelas vissa medel för FoU-projekt som har betydelse från energisynpunkt. Närmast gäller detta områdena naturresurstechnik, miljövärdsteknik, materialteknik, produktionsteknik och transportteknik. Storleken av de anslag som härigenom tillförs energiområdet är svår att uppskatta, men en överslagsberäkning pekar på storleksordningen 3 milj kr/år. De projekt som stöds inom STU:s behovsområde energiteknik är i huvudsak redovisade i tabell 3.1, medan däremot övrig av STU stödd energiteknisk FoU inte är helt representerad i tabellsammanställningen.

*Delegationen för forskning rörande kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor (Kärnsäkforsk)* fördelar för åren 1973–1976 betydande belopp till säkerhets- och miljöinriktad forskning kring lättvattenreaktorer. Huvuddelen av tillgängliga medel utnyttjas för arbeten vid AB Atomenergi och i Marviken. Det faller dock utanför programkommitténs uppgift att närmare behandla dessa frågor.

För stöd till tekniskt forsknings- och utvecklingsarbete med industriell inriktning och av gemensamt intresse för två eller flera nordiska länder bildades 1973 *nordisk fond för teknologi och industriell utveckling (Nordisk industrifond)*. Fonden har hittills tillförts 10 milj kronor och skall enligt planerna tillföras ytterligare 10 milj kronor per år under ytterligare 4 år. Energi-FoU hör f n inte till de för fonden prioriterade områdena.

*Statens provningsanstalt*, med huvuduppgift att svara för provningsverksamhet och legal metrologi, bedriver likaså viss verksamhet inom

energiområdet, huvudsakligen finansierad av byggforskningsrådet och Nordforsk (se nedan).

*Statens vattenfallsverk* bedriver eller finansierar en betydande utvecklingsverksamhet, huvudsakligen inom ramen för sina verksuppgifter, och FoU-budgeten uppgår f n till ca 18 milj kr. Verksamheten ligger i huvudsak inom områdena produktion och distribution av elkraft. Häri ingår bl a viss byggnadsteknik. Som tidigare nämnts har de medel som avsätts av vattenfallsverket inte betraktats som allmänna medel av energiprogramkommittén. Vattenfalls projekt, till stor del utan individuell kostnadsredovisning, är uppförda i den högra delen av tabell 3.1.

### 3.4.2 Utbildningsdepartementet och därtill knutna organ

Under utbildningsdepartementet lyder flertalet statliga forskningsråd samt, underställda universitetskanslersämbetet, universiteten och fackhögskolorna, de sistnämnda med ett par undantag utan intresse i detta sammanhang.

*Statens råd för atomforskning (AFR)* har innevarande år en budget på ca 30 milj kr. Dess stöd till energiforskning avser i första hand fusionsforskning och övrig plasmafysik samt strålningsbiologisk forskning och uppskattas under innevarande budgetår till ca 2,5 milj kr.

*Naturvetenskapliga forskningsrådet (NFR)* synes f n spela endast en mindre roll som stödorgan för energi-FoU. Många av de forskningsprojekt av grundläggande karaktär som NFR ger anslag till kan dock indirekt och framför allt på längre sikt antas vara av betydelse för utvecklingen inom energiområdet. De teknisk-naturvetenskapliga forskningsråden i Norden samarbetar genom *Nordforsk*.

*Statens råd för samhällsforskning* har beviljat smärre belopp för forskningsuppgifter av sådan karaktär att de kan anses vara av intresse som delar av övergripande systemstudier inom energiområdet.

*Universitetskanslerämbetet (UKÄ)* är central förvaltningsmyndighet för universitet och högskolor, och har som sådan vissa anslagsfördelande uppgifter. De anslag som under utbildningshuvudtiteln via UKÄ tillförs universiteten och högskolorna har karaktären av basresurser, dvs de täcker löne- och materialkostnader för en viss basverksamhet vid högskolorna. De medger emellertid endast i mycket begränsad utsträckning engagemang i mera omfattande forskningsprojekt. Härför får institutionerna ansöka om medel i första hand från forskningsråden och, inom teknikområdet, STU.

Vid de *tekniska fakulteterna* bedrivs forskning inom energiområdet eller med anknytning därtill av ett mycket stort antal institutioner med betydande personella och materiella resurser. Med en mycket vid definition av begreppet energi-FoU torde man kunna hävda att ca 600 kvalificerade forskare och ungefär det dubbla antalet civilingenjörer har sin verksamhet förlagd till institutioner med energianknuten forskning. Ett *Energicentrum* har bildats vid KTH.

Vid universiteten och övriga högskolor är resursbilden mycket oklar.

Vid bl a vissa av de naturvetenskapliga fakulteterna bedrivs i mindre omfattning forskning som ligger nära de områden som energiprogramkommittén har att bearbeta.

### 3.4.3 Bostadsdepartementet och därtill knutna organ

*Statens råd för byggnadsforskning (BFR)* hade 1973/74 en sammanlagd budget på 46 milj kr, varav 37 milj kr från byggforskningsavgifter och 9 milj kr i direkt statsanslag. 4,6 milj kr avsattes för energi-FoU. Detta innebär att de projekt som kostnadsredovisats i tabell 3.1 – den sammanlagda kostnaden är 839 tkr – endast täcker en mindre del av de allmänna medel som delades ut inom området. Tabellen ger alltså här en ofullständig kostnadsredovisning.

Byggforskningsrådet har upprättat ett särskilt forskningsblock för energifrågor och uppställt en femårig utvecklingsplan för arbetet. Man vill härigenom markera ett ökat ansvarstagande och engagemang inom energiområdet.

*Statens institut för byggnadsforskning* är vid sidan av de tekniska fakulteterna det främsta forskningsorganet inom byggsektorn. Huvuddelen av institutets anslag kommer från byggforskningsrådet.

*Statens planverk* har bl a till uppgift att fastställa byggnormer, och som underlag härför erfordras visst forskningsarbete. Planverket medverkar därför ofta i projekt som byggforskningsrådet ansvarar för. Däremot bedriver planverket inte någon egen forskning eller utvecklingsarbete.

### 3.4.4 Övriga allmänna organ

*Försvarets forskningsanstalt (FOA)* har i nuläget ytterst begränsad FoU-verksamhet inom energiområdet. Det enda forskningsprojekt som direkt berör energifrågor avser ett arbete kring bränsleceller. Av intresse i energisammanhang är vidare att FOA bedriver en omfattande verksamhet inom det systemanalytiska området.

*Överstyrelsen för ekonomiskt försvar (ÖEF)* sorterar under handelsdepartementet och inriktar sin verksamhet inom energiområdet på att bl a söka få fram sådana råvaror och processer för energiframställning som kan vara av betydelse i ett beredskapsläge. ÖEF har sålunda initierat projekt avseende torvutnyttjande och möjligheterna att konvertera förbränningsanläggningar från olja till fasta bränslen. FoU-anslaget för detta uppgår till ca 1,4 miljoner kronor.

*Transportforskningsdelegationen (TFD)* handhar uppgifter som avser planläggning, samordning och stöd i fråga om FoU rörande transporter, trafik och trafiksäkerhet. Ingen verksamhet med direkt inriktning på energiområdet förekommer f n. TFD har dock nyligen tillsatt en arbetsgrupp för att belysa frågan – och dess för delegationens arbete viktiga avgränsning mot STU – och utarbeta programförslag. Arbetsgruppens rapport väntas bli klar vid slutet av år 1974.

*Arbetarskyddsfonden och arbetarskyddsstyrelsen* anvisar vissa belopp

för FoU inom området lokalkomfort och arbetsmiljö. För projekt med anknytning till energiområdet avsattes 1973/74 ca 1,8 milj kronor.

#### 3.4.5 Allmänna medel för energi-FoU

Av tabell 3.1 framgick att de av kommittén kartlagda FoU-projekten inom energiområdet innevarande år kostar ca 44 milj kronor av allmänna medel. Redogörelsen i detta avsnitt antyder att denna siffra torde vara något för låg och att de totala satsningarna av allmänna medel för energi-FoU torde ligga något över 50 milj kronor. Häre ingår då inte de satsningar som görs av de statliga verken, främst vattenfallsverket.

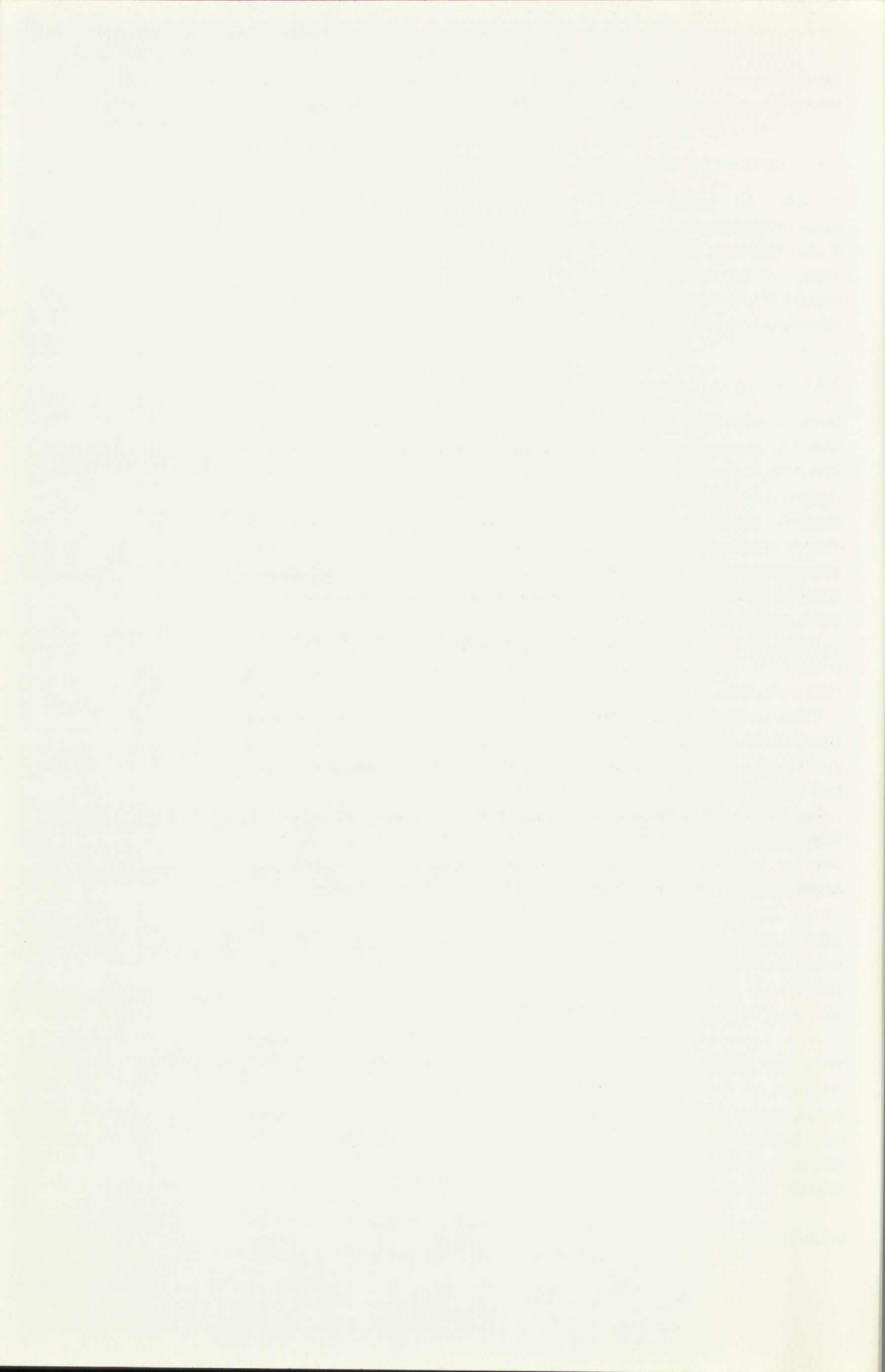
#### 3.4.6 Företag och andra organisationer

Detta område har icke kunnat kartläggas av kommittén, men vissa allmänna kommentarer kan likväl göras. Näringslivets resurser för främst utvecklingsarbete är inom det tekniska området betydande, men dessa resurser kan endast till mycket liten del bedömas vara tillgängliga för allmänna insatser inom energiområdet. Däremot är det självklart att ökande energipriser i viss utsträckning kan innebära företagsekonomiska incitament för ökad satsning på utveckling av energisnålare produktionsmetoder inom de branscher där energikostnaden märkbart påverkar den totala produktionskostnaden.

Inom *Svenska Utvecklings AB* pågår sedan ett par år tillbaka ett projekt för utveckling av ett metalluftbatteri med dels egna medel, dels vissa anslag från STU.

Vissa *branschforskningsinstitut* utgör potentiella FoU-resurser inom energiområdet. Möjligheter torde finnas att engagera dessa för exempelvis insatser på processutveckling m m. Branschforskningsinstituten drivs i enskild regi men åtnjuter betydande statliga bidrag.

*Ingenjörsvetenskapsakademien* ägnar stor uppmärksamhet åt energi-frågorna och driver utredningar rörande dels effektivare energianvändning (rapport i september 1974), dels Sveriges långsiktiga energiförsörjning. Löpande kontakter har ägt rum mellan EPK:s och IVA:s sekretariat.



## 4 Internationell energi - FoU

I detta kapitel behandlas kortfattat forskning och utveckling inom energiområdet i internationellt perspektiv. Framställningen begränsas i huvudsak till att omfatta industriländerna.

Avsnitt 4.1 ger en översiktlig internationell orientering om dagsläget med tonvikt på policyfrågor. FoU-situationen i några intressanta länder beskrivs i avsnitt 4.2, och avsnitt 4.3 behandlar det internationella samarbetet.

### 4.1 Policyfrågor i internationellt perspektiv

Forskning och utveckling för förbättrad energiförsörjning har traditionellt till sin övervägande del inriktats mot ökad och förbilligad tillgång på utnyttjningsbar energi, dvs mot i första hand produktions- och distributionsfrågor. En av OECD gjord sammanställning (se nedan) visar således för 1973/74 att OECD-länderna utom USA satsat 1 100 miljoner dollar på energiforskning, varav mer än 97 % på produktions- och distributionsfrågor. Endast 1,6 % har gått till forskning om energianvändning och systemfrågor. Underlaget för de angivna siffrorna torde ha varit av något skiftande och osäker kvalitet, men den relativa fördelningen på olika områden kan bedömas i huvudsak överensstämma med de verkliga förhållandena.

Mycket stora resurser har avsatts för främst områdena olje- och naturgasförsörjning samt kärnkraftutveckling. Andra energikällor har med rådande prisläge och försörjningssituation inte blivit föremål för motsvarande utvecklingsintresse. Inte heller har situationen i allmänhet motiverat ansträngningar att begränsa förbrukningen påtagligt, även om de utnyttjade energikällornas uttömlighet tidvis synt utgöra ett avläggat memento till sparsamhet. Denna situation började får några år sedan att långsamt förändras, och man kan notera att flera stora oljebolag började engagera sig i annat än vad som traditionellt ansetts som oljeindustris verksamhetsfält. Detta tog sig uttryck i bl a uppköp av kol- och urantillgångar.

Den nu allmänna medvetenheten i flertalet industriländer om det nödvändiga i att driva en aktiv och målinriktad energipolitik har starkt accentuerats av den gångna vinterns oljeförsörjningskris, men det vore



felaktigt att hävda att oljekrisen ensam drivit fram denna medvetenhet. Hösten 1973 hade i ett stort antal länder påbörjats en omprövning av den förda energipolitiken, vilken ofta varit relativt opreciserad och ibland dominerad mera av industripolitiska eller andra hänsyn än av önskemål om en viss energiförsörjningssituation. De senaste tolv månaderna har på ett markant sätt förändrat bilden. Industrieländerna har alla tvingats att snabbt söka formulera en energipolitik baserad på vetenskapen om det moderna samhällets starka beroende av en fungerande energiförsörjning. Man har sett sig tvungen att på ett helt annat sätt än tidigare söka trygga energiförsörjningen mot såväl politiska som rent resursmässiga risker, och detta behöver göras med utgångspunkt från en situation där oljan i dag spelar en för många länder helt avgörande roll.

#### 4.1.1 Behovet av långsiktig energi-FoU

I ett av OECD:s sekretariat utgivet arbetsdokument (juni 1974) återfinns följande textavsnitt, vilket väl uttrycker betydelsen av ett långsiktigt program för forskning och utveckling inom energiområdet:

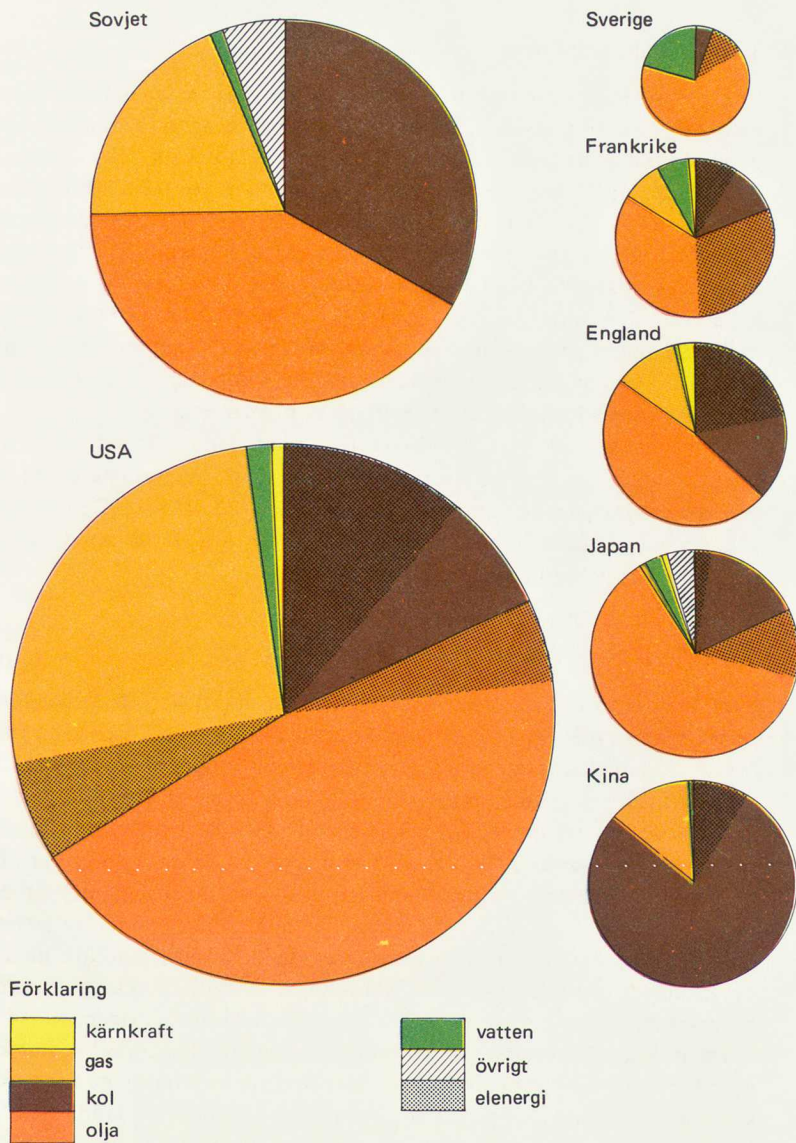
Scientific research into the development of new energy technologies – in such esoteric areas as solar and geothermal energy and magnetohydrodynamics, and in the more imaginative use of our common forms of primary energy – has a place in the forward planning of each member country. Some have found it possible to carry out investigations in all areas; others have limited their research, for varying reasons, to just one or two areas deemed most logical and promising for their own particular needs. This common recognition of the importance of energy research and development gives us reason to believe that co-operative efforts would find a broad acceptance amongst member governments and amongst industry.

Research and development has a long lead time, whereas efforts to conserve what we have, or to ration supplies, can have an immediate impact. Yet our short-term problems are with us because, in the past, we failed to address the long-term issues. The obvious recognition that the coming months may test us severely should be more than adequate stimulus for additional attention to the development of new energy forms.

Karaktäristisk för många av de FoU-satsningar som tillkännagivits i olika länder är betoningen av den långsiktiga försörjningstryggheten, ofta uttryckt som önskemål om ökande framtida självförsörjningsgrad. Detta gäller i särskilt hög grad Förenta Staterna och den europeiska gemenskapen.

## 4.2 Forskningssituationen

I detta avsnitt görs ett försök att beskriva forskningssituationen i några olika länder, främst Industrieländer, med tonvikt på ländernas specifika problemsituation och utvecklingsriktning. Framställningen inleds med en kortfattad genomgång av några statistiska data och behandlar därefter i



Figur 4.1 Energiförbrukningen i några olika länder. Cirkelytorna är proportionella mot den tillförda energimängden. Med raster anges i vissa fall de delar av fossilbränslekonsumtionen som åtgår för produktion av elenergi.

tur och ordning förhållandena i Frankrike, Västtyskland, Storbritannien, Nederländerna, Kanada, USA, Sovjetunionen, Japan och Kina. Vidare behandlas de nordiska länderna och ges några uppgifter om Irlands energiförsörjning, där torv utgör en betydelsefull primärenergikälla.

#### 4.2.1 Energisituationen

Energiförsörjningssituationen i olika länder har ofta helt skiljaktig karaktär med bl a mycket skiftande självförsörjningsgrad, oljeberoende och elkraftandelar. Förståelse för ländernas energipolitik och tillhörande forskningspolitik kan nås bara med kännedom om försörjningssituationen, och i figur 4.1 redovisas därför med cirkeldiagram den totala energiförbrukningen i några av de ovan angivna länderna. I diagrammen anges olika energiformers relativa andel, och cirkelytorna är proportionella mot den tillförda energimängden. Elenergi från vattenkraft och kärnkraft har redovisats med sitt elektriska (netto) energiinnehåll. I mån av tillgång på uppgifter har vidare markerats de delar av fossilbränslekonsumtionen som åtgår för produktion av värmekraft.

Man noterar att Sverige tillsammans med Japan har mycket hög oljeandel och att kolet i Sverige spelar en långt blygsammare roll för energiförsörjningen än i något av övriga redovisade länder. Den svenska energibalansen saknar dessutom naturgas, en för flera av de andra länderna betydelsefull primärenergikälla.

#### 4.2.2 Forsknings- och utvecklingskostnader

Som berörts ovan hade den "energikris" som drabbade industriländerna under vintern 1973/74 visserligen överraskande orsaker, men man hade redan tidigare insett att störningar i energiförsörjningen kunde inträffa. Den inriktning som man under senare år har givit energi-FoU bör därför i viss utsträckning kunna anses vara avsedd att lösa de allmänna försörjningssvårigheter som man kunde vänta sig i olika energisektorer. Ett studium av hur den statliga finansieringen av olika programtyper och program fördelat sig under de senaste åren kan därför vara av intresse som en återspeglingsmånad inte av en etablerad energipolitik men av det samlade resultatet av de värderingar, prioriteringar och andra påverkande faktorer som rått under den studerade tidsperioden.

De enskilda faktorerna blir härvid inte av avgörande betydelse. Det kan däremot vara intressant att se, om det samlade resultatet på något sätt kan vara relaterat till andra förhållanden i respektive land, t ex till bruttonationalprodukt, industrins allmänna utveckling, energibehov i stort och användning av olika energislag.

Som underlag för följande sammanställning har använts det material som OECD samlat in för sin studie *Survey of Energy R & D in OECD Member Countries*, närmare berörd i moment 4.3.1 nedan. Bara 15 av OECD:s 24 medlemsländer har lämnat uppgifter, och dessa är av mycket varierande utförlighet. Uppgifterna har sammanställts i tabell 4.1 och avser alltså satsningar som beslutats före händelserna 1973/74. Siffrorna

Tabell 4.1 Statliga utgifter för FoU inom energiområdet i ett antal OECD-länder. Alla uppgifter i tusentals US \$. Flertalet avser år 1973 eller 1974

OECD-land	Fossila bränslen	Kärnenergi	Icke konv. energi-källor	Energi-bärare	Energi-användning	Energi-system	Miljö-frågor	Summa
Australien	600	19 300	500		400		200	21 000
Belgien		20 000						20 000
Kanada	5 500	68 600	55	4 600	300	3 700	6 600	89 355
Danmark		3 700	30	300	700			4 730
Finland	35	1 500		50	150			1 735
Frankrike	123 000	186 100	5 000	17 400	4 600	4 300		340 400
Västtyskland	54 000	304 400		4 300	2 800			365 500
Irland	370	6		30				406
Japan	4 500	74 300	2 000	2 400	800			84 000
Nederländerna		4 300						4 300
Norge	4 000	2 500		3 400				9 900
Sverige	100	9 400	7	1 500	500	50		11 557
Schweiz	1 000	3 900	200	500	24		600	6 224
Storbritannien		142 100						142 100
USA	192 000	633 400	36 200	37 600	42 200	17 300	65 500	1 024 200
Summa	385 105	1 473 506	43 992	72 080	52 474	25 350	72 900	2 125 407

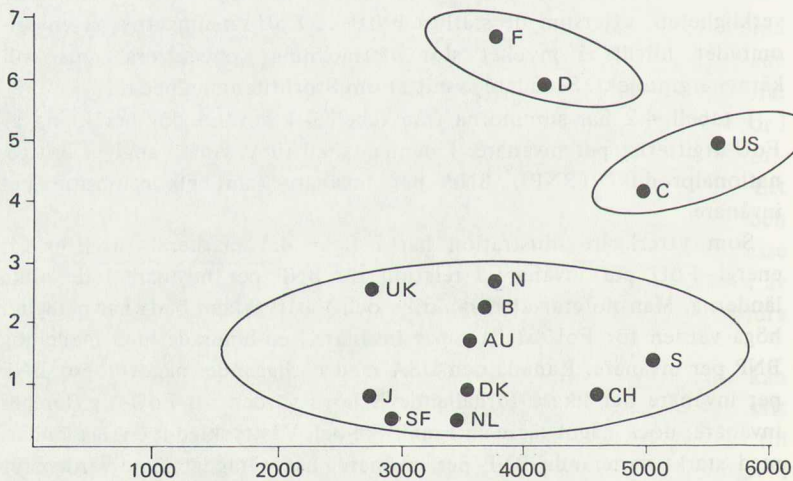
får anses osäkra och torde ha sitt största värde som indikatorer för storleksordningar. Som framgår vid studium av tabellen är det tveksamt om siffrorna från tre länder – Belgien, Nederländerna och Storbritannien – kan jämföras med de övriga uppgifterna, eftersom dessa länder har angivelser endast för insatser inom kärnenergiområdet. I Storbritanniens fall är det dock inte uteslutet att detta förhållande ger en korrekt bild av verkligheten, eftersom de statliga brittiska FoU-satsningarna på energiområdet hittills i mycket stor utsträckning koncentrerats just till kärnenergiprojekt. Se vidare avsnittet om Storbritannien nedan.

I tabell 4.2 har summorna från tabell 4.1 använts för beräkning av FoU-utgifterna per invånare. I denna tabell finns vidare angivet bruttointernationalprodukt (BNP), BNP per invånare samt elkonsumention per invånare.

Som ytterligare illustration har i figur 4.2 markerats utgifter för energi-FoU per invånare i relation till BNP per invånare i de olika länderna. Man noterar att Frankrike och Västtyskland båda har påtagligt höga värden för FoU-utgifter per invånare kombinerade med medelhög BNP per invånare. Kanada och USA med närliggande, något högre, BNP per invånare har likaså förhållandevis höga värden för FoU-utgifter per invånare, dock något lägre än Frankrike och Västtyskland. Övriga länder, med starkt varierande BNP per invånare, har påtagligt lägre värden för FoU-utgifter per invånare. Man noterar att de svenska FoU-utgifterna per invånare är förhållandevis låga. Först en tre- eller fyradubbling av de svenska forsknings- och utvecklingsutgifterna skulle föra dem upp i nivå med satsningarna i de fyra förstnämnda länderna.

Tabell 4.2 De statliga utgifterna för energi-FoU i ett antal OECD-länder jämförda med BNP och elkonsumention

	Summa FoU- utgifter Tusental dollar 1974	FoU-utgif- ter per invånare \$/inv 1974	BNP 1972 Milj. \$	BNP per invånare Dollar 1972	Elkonsum- tion per invånare kWh/inv 1972
Australien	21 000	1.62	46 530	3 590	4 360
Belgien	20 000	2.03	35 580	3 660	3 371
Kanada	89 355	4.08	105 010	4 810	9 672
Danmark	4 730	0.94	17 430 <sup>1</sup>	3 510 <sup>1</sup>	3 065
Finland	1 735	0.37	13 440	2 910	5 331
Frankrike	340 400	6.66	196 070	3 790	2 850
Västtyskland	365 500	5.92	257 570	4 180	4 092
Irland	406	0.13	5 340	1 770	1 917
Japan	84 000	0.79	294 280	2 780	3 486
Nederländerna	4 300	0.32	46 290	3 470	3 240
Norge	9 900	2.52	14 670	3 730	14 370
Sverige	11 557	1.43	41 380	5 090	7 897
Schweiz	6 224	0.97	29 760	4 660	4 251
Storbritannien	142 100	2.54	154 180	2 760	4 045
USA	1 024 200	4.90	1 167 290	5 590	8 219

<sup>1</sup> Avser 1971.FoU- utgifter per invånare  
US dollar per år

Förklaring

AU = Österrike	S = Sverige	J = Japan
C = Canada	US = USA	NL = Nederländerna
D = Västtyskland	B = Belgien	SF = Finland
F = Frankrike	CH = Schweiz	UK = Storbritannien
N = Norge	DK = Danmark	

BNP per invånare  
Us dollar per år

Figur 4.2 Utgifter för energi-FoU per invånare i relation till BNP per invånare.

### 4.2.3 Nationsvis genomgång

För beskrivningarna i detta moment har valts länder med en energisituation och forskningssituation som kan vara av intresse för jämförelse med svenska förhållanden. Länderna är, med några undantag, långt industrialiserade med hög energikonsumtion per capita, och de har tekniska och ekonomiska förutsättningar att bedriva kvalificerad energi-FoU. Däremot är, som framgått av 4.2.1 ovan, ländernas energiförsörjningssituationer i flera fall helt skilda.

Endast ett av de studerade länderna – nämligen Västtyskland – har en formulerad energi-FoU-policy ledsagad av ett energi-FoU-program. I övriga länder har man självfallet uppmärksammat behovet av övergripande och samordnande energi-FoU-policy, men man har inte hunnit längre än till att studera hur en sådan skall se ut och till att lägga fram förslag. Detta minskar naturligtvis inte värdet av jämförelser med de tankegångar och ansatser som finns i de olika länderna.

Ansträngningarna inom den europeiska gemenskapen att komma fram till ett gemensamt program för forskning och utveckling på energiområdet behandlas i moment 4.3.1.

## FRANKRIKE

Den franska energipolitiken har sedan länge haft målsättningen att få säker tillgång till energi utan beroende av andra makter. Medlen att klara detta har varit att sprida förbrukningen på olika energislag, och att ta olja från många olika länder. Tack vare denna politik klarade man energikrisen vintern 1973/74 praktiskt taget utan särskilda åtgärder.

Fransk energi-FoU är intressant särskilt av två skäl: FoU avseende icke konventionella energikällor – solenergi, vindenergi, geotermisk energi – pågår sedan ett tiotal år tillbaka i ganska stor omfattning och har alltså inte som i de allra flesta länder initierats av energihändelserna under vintern 1973/74. Vidare har man i Frankrike försökt göra en snabb omställning av pågående energi-FoU till projekt som aktualiserats av händelserna under vintern 1973/74 även om man kanske inte genom denna omställning ännu har lyckats åstadkomma en övergripande och homogen energi-FoU-policy. Snarare har man gjort punktvisa insatser och den sammanhållande policyn återstår ännu att formulera.

Den franska energiforskningen har planerats inom ramen för femårsplaner. Forskningen har huvudsakligen varit inriktad på produktion och distribution av energi. Den totala FoU-satsningen var år 1972 ca 1 800 miljoner franska Fr varav 863 miljoner Fr inom industrin inklusive branschforskningsinstitut. Atomenergikommissariatet satsade ca 900 miljoner Fr på kärnkraftforskning.

Tidigare leddes energipolitiken av en generalsekreterare inom industridepartementet. I början av 1974 tillsattes direkt under premiärministern en generaldirektör för energifrågor. Denne framhåller att besparingar inom bostadsuppvärmning har högsta prioritet, och i mars framlade regeringen en energiplan som främst syftar till rationellt utnyttjande av

energi i bostäder, transport och industri samtidigt som byggandet av atomkraftverk fördubblas. Regeringen beslöt vidare att bilda en rådgivande kommitté för FoU på energiområdet. Kommittén är knuten till den sk forskningsstyrelsen (med uppgift att samordna fransk forskning) och har nära kontakt med generaldirektören för energifrågor.

Fransmännen ser kärnkraften som den stora möjligheten att bli mindre beroende av utlandet för energiimport, och det råder politisk enighet om kärnkraftsatsningen. Fr o m 1978 beräknas all nyproduktion av elkraft ske i kärnkraftverk och ett intensivt utvecklingsarbete pågår för att uppfylla detta mål.

För att oberoende av supermakterna kunna försörja lättvattenreaktorerna med anrikat uran tog fransmännen initiativet till europeiskt samarbete inom Eurodif för att kunna konstruera en anläggning för urananrikning enligt gasdiffusionsmetoden.

Frankrike är vidare förmodligen det land som ligger främst i utvecklingen av snabba brydreaktorer. Experimentreaktorn Phenix nådde i mars 1974 full effekt på 250 MWe.

Även oljefrågor behandlas med hög prioritet. Samtidigt som franska staten på noga angivna villkor (bl a krav på leveransgarantier) ger internationella oljebolag möjligheter att arbeta i Frankrike vill man utveckla de franska oljebolagen. Ett är helstatligt, ett är privat med 35 % statlig andel. Båda dessa företag gör stora satsningar på prospektering i Nordsjön, i Afrika, Asien, Nord- och Sydamerika.

Genom franska petroleuminstitutet satsar franska staten betydande medel på forskning och utveckling inom oljesektorn. Årsbudgeten är ca 160 miljoner kronor.

## VÄSTTYSKLAND

Den västtyska förbundsregeringen framlade genom sitt *Bundesministerium für Forschung und Technologie* i januari 1974 ett ramprogram för energiforskning under åren 1974–1977. Programmet innebär åtaganden om sammanlagt ca 2,55 miljarder kronor. Härav finansierar den tyska industrin 35 %.

I programtexten framhålls tre väsentliga utgångspunkter:

- En stor del av dagens energiförsörjningsproblem är en följd av att mer än hälften av primärenergien förloras genom omvandling, transport och förluster vid användningen.
- Initiering av ett energi-FoU-program kan inte medföra några omedelbara lättnader i dagens energiförsörjningssituation.
- Det vore felaktigt att i ett energi-FoU-program lägga in element som är relevanta bara i förhållande till en störd försörjningssituation.

Grundläggande för den västtyska energi-policyn är att säkerställa ett energitbud

- som är tillräckligt för behoven hos förbrukare i alla delar av Västtyskland

- som ger säker försörjning på medellång och lång sikt
- som i möjligaste mån på lång sikt ger rimliga kostnader
- som tar hänsyn till krav och mål för miljövärden.

Med utgångspunkt från dessa grundläggande krav uppställs som huvudmål

- Minskat importberoende
- Minskning av energiförluster
- Säkrande av ett diversifierat energiutbud

I ramprogrammet prioriteras all forskning som kan leda till bättre utnyttjande av kol. Den beräknade kostnadsuppdelningen är följande (milj. DM):

Omvandling av kol till gas	616
Brytning och malmförädling	330
Prospektering och produktionsförberedelser	174
Omvandling, transport och lagring av energi	270
Rationell energianvändning	56
Summa, milj. DM	1 446

Vid sidan av ovanstående ramprogram löper under perioden 1973–1976 ett särskilt kärnforskningsprogram med en total omslutning av ca 10 miljarder kronor. Tyngdpunkten ligger här på utveckling av snabba reaktorer (1 800 Mkr) och högtemperaturreaktorer (1 200 Mkr) samt på bättre metoder för bränsleframställning (1 700 Mkr). Ungefär hälften av sistnämnda belopp faller på uranrikning. Västtyskland, Nederländerna och Storbritannien samarbetar här för utveckling av gascentrifugmetoden. Satsningen på fusionsforskning uppgår till ca 600 Mkr.

## STORBRITANNIEN

Storbritanniens situation inom energiområdet är i någon mån unik. Samtidigt som landet under vintern 1974 upplevde en av sina största kriser tycks den framtida energiförsörjningen säkrare än i många andra länder.

Kolets betydelse ökar ånyo samtidigt som olje- och gasfyndigheterna i Nordsjön inger stora förhoppningar. Svårigheter att komma till avgörande beträffande val av framtida kärnkraftsystem har dock förelegat, men man har nu fattat beslut om en satsning på tungvattenreaktorer.

Storbritanniens energi-FoU-policy har hittills klart uttalat varit att lämna industrin – vare sig nationaliserad eller privat – fri att själv under konkurrensförhållanden styra sina egna FoU-aktiviteter och också själva bekosta dem. Undantaget har varit kärnenergiområdet där staten via *United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA)* har givit ett mycket kraftigt stöd till FoU. Detta förklarar både den höga siffran



under rubriken kärnenergi för Storbritannien i tabell 4.1 samt det faktum att kärnenergi är det enda forskningsområde i tabell 4.1 där en angivelse finns för Storbritannien.

Den ökade vikt som den brittiska regeringen nu lägger vid energi-frågorna avspeglas i att ett särskilt ministerium för energi, *Department of Energy*, har inrättats från år 1974. Några större förändringar i energi-FoU-politiken uppges emellertid inte vara att vänta. Den starka satsningen på kärnenergiområdet torde fortsätta. Stora ansträngningar kommer att ägnas utvecklingen av natriumkylda snabba brytareaktorer. Stor vikt läggs också vid fusionstekniken och Storbritanniens deltagande i det gemensamma europeiska arbetet på detta område. *National Coal Board* har utarbetat en "Plan for Coal". Den innebär ett investeringsprogram om 600 miljoner pund. Man vill bli under en femårsperiod använda 40 miljoner pund för projekt avseende kolomvandling inklusive uppförande av demonstrationsanläggningar.

Utvecklingen av mer konventionella energikällor anses i första hand innebära problem av kommersiell art och statliga FoU-satsningar på dessa områden är inte att vänta i större utsträckning än tidigare.

Förutom satsningen på kärnenergiområdet avser den brittiska regeringen att stödja åtgärder för minskning av energiförbrukningen (energy conservation) och sökandet efter substitutionsmöjligheter mellan olika energiformer.

För "energy conservation" kommer man att tillsätta en särskild rådgivargrupp, men gruppen får inga formella mandat. Den kommer inte heller att ha några egna anslag utan dess arbete skall bli att peka på områden där energi kan sparas och att bedriva propaganda för energi-besparing.

En 10 %-ig bränslebesparing under de närmaste 10 åren skulle med dagens priser innebära besparingar på ungefär 600 miljoner pund per år vilket är jämförbart med de årliga investeringarna för elektricitetsförsörjningen.

I en rapport om "energy conservation" framhålls att i vägen för alla nya teknologier står ett absolut faktum: "They are in direct competition with nuclear power, and if the latter is readily available, will only be worth while if they are capable of proving electricity more cheaply". Med detta som bakgrund framhålls att Storbritannien inte bör ge sig in på några ambitiösa FoU-program beträffande termiska och termoelektriska generatorer eller MHD. Rapporten framhåller vägenergi som "has some favourable features in the United Kingdom context". Man konstaterar dock att elenergi ur havsvågorna skulle bli ungefär 1 1/2 gång dyrare än kärnkraftgenererad elenergi. Rapporten konstaterar vidare att det f n inte finns något motiv för allmänt bruk av väte som bränsle eftersom det skulle kosta långt mera att producera detta än dess fossila konkurrenter. Väte torde inte bli aktuellt förrän tidigast vid sekelskiftet. Storbritannien bör inte göra någon egen FoU-insats eftersom insatserna inom Euratom och i Förenta Staterna är tillräckliga.

## NEDERLÄNDERNA

I Nederländerna har hittills inget centralt organ funnits som varit ansvarigt för vetenskapliga och tekniska energifrågor. Nyligen har emellertid bildats ett rådgivande organ (*Advisory Council*) för behandling av forskningsaspekterna kring energiproblemen. Den nederländska regeringen har utlovat ett Energy Memorandum till parlamentet att läggas fram under 1974. I detta kommer en FoU-policy för energiområdet att ingå.

De väsentligaste statliga målen för energi-FoU har tidigare varit forskning kring kärnenergin och kring möjligheterna till användning av alternativa energikällor i stället för de konventionella. Kärnenergiforskningen avser två projekt: ultracentrifugen och den natriumkylda snabba bridreaktorn. Studier kring alternativa energikällor har nyligen påbörjats avseende solenergi och vindenergi. Nederländska regeringen finansierar dessutom till en del en omfattande studie av möjliga besparingar i energianvändningen på lång sikt.

En utredningsrapport, *Energy Conservation – Ways and Means*, utarbetad av en arbetsgrupp med namnet *The Future Shape of Technology Foundation*, framhåller att de huvudsakliga bidragen i ett energibesparingsprogram måste komma från lokalkomfort och handel (10–15 %). Industrin kan endast ge 2–4 %.

Rapporten konstaterar bl a att de större energiförbrukande industrierna redan utnyttjar energin så effektivt att även med en fyrfaldig prisökning så är de potentiella besparingsmöjligheterna med existerande enheter begränsade till högst 10 %. Om man utvecklar effektivare processer så skulle detta i många fall kräva högre ingångstemperaturer med åtföljande större krav på material och mekanisk konstruktion, och likaledes lägre utloppstemperaturer med krav på större värmväxlarytor. En sådan utveckling skulle leda till avtagande investeringsavkastning och högre underhålls- och driftkostnader.

Enligt rapporten kan man räkna med att uppnå en 33 %-ig energi-besparing inom hushållssektorn fram till år 1985. Rapporten har bl a antagit att andelen holländska hus med centraluppvärmning kommer att stiga från 35 till 85 % åren 1972–1985.

## KANADA

Kanadensiska regeringen anger som en huvuduppgift för energi-FoU att skapa utökad framtida handlingsfrihet både inom energiområdet och inom andra för samhället väsentliga områden. Man har också framhållit att energi-FoU som tidigare huvudsakligen var anknuten till naturvetenskap och teknik nu omfattar fler och fler områden av sociologisk, ekonomisk och kanske även filosofisk karaktär.

Flera nya statliga organ för behandling av energifrågor har skapats under senare tid. I januari 1974 bildades en *Task Force on Energy R & D*. Den består av biträdande ministrar eller andra högre ämbetsmän i alla de federala ministerier eller verk som har anknytning till energi-FoU

och har till uppgift att se över energi-FoU som bekostas av den federala regeringen. Till stöd för denna Task Force skapades ett *Office of Energy R & D* inom *Departement of Energy, Mines and Resources*. I december 1973 bildades vidare inom samma ministerium *Office of Energy Conservation* med uppgift att se över, föreslå och genomföra administrations- och forskningsprogram avsedda att åstadkomma en förbättrad användning av energi.

Redan vid bildandet av Department of Energy, Mines and Resources år 1966 slogs fast att hörnstenen för ett effektivt nationellt energi-FoU-program är det federala programmet. Som en viktig del av det federala programmet ser man det internationella samarbete i vilket Kanada deltar. Man prioriterar härvid dels ett antal områden inom vilka samarbete redan pågår (fusionsteknik; utvinning, produktion och transport av olja och gas; utvinning av oljesand och tunga oljor; överföring av elektricitet), dels ett antal nya områden inom vilka man önskar öka sina insatser (kolbrytning, kolprocesser och användning av kol; energy conservation; miljöfrågor; resursvärdering).

### FÖRENTA STATERNA

Energikrisen i USA har djupare rötter än arabländernas oljeembargo i höstas. Trots att USA är ett land som är rikt på energiråvaror har den inhemska energiproduktionen under senare år inte kunnat hålla takt med konsumtionen. Resultatet har blivit ett allt mer ökat beroende av import av energiråvaror, huvudsakligen olja.

Genom att elkraften i USA huvudsakligen genereras som ångkraft med mycket låg verkningsgrad har varje ökning av elkonsumtionen inneburit en ungefär trefaldig ökning av den fossila energiförbrukningen, och elproduktionen använder nu ca 25 % av energiresurserna.

År 1971 blev Förenta Staterna för första gången i landets historia nettoimportör av energi, och 1973 tillgodosågs närmare en sjättedel av energibehovet genom import.

Den energipolitiska situationen i USA karaktäriseras av att energiproduktion och -distribution huvudsakligen ligger på den privata sektorn, även om myndigheterna genom pris- och importregleringar m m har ett visst inflytande. Stora satsningar av allmänna medel har gjorts främst inom kärnkraftområdet.

Sommaren 1971 påbörjade dåvarande *Office of Science and Technology* en studie av energi-FoU i USA. Avsikten var att identifiera de mest lovande, pågående eller planerade FoU-programmen.

Studien koncentrerades på energisystemets långsiktiga effekter på miljön, människans hälsa och välbefinnande och på USA:s naturresurser. Miljö- och resursbedömningar var tillsammans med kostnader för olika energiformer baskriterierna för bedömningarna av nya energiformer. Alla delar av energisystemet togs i beaktande från prospektering och utvinning av råvaror via omvandling och överföring av energi till de olika användningsformerna. Endast de områden och tekniker som redan hade identifierats som väsentliga och prioriterats i anslagen till FoU utslöts.

Dessa redan prioriterade områden var den snabba bridreaktorn, avlägsnande av svaveloxider i förbränningsgaser och omvandling av kol till gasform.

Ett stort antal ministerier och andra myndigheter har emellertid verkat inom skilda delar av det energipolitiska området, och det har varit svårt att åstadkomma samordnade insatser.

Ett viktigt steg mot en klart uttalad energi-FoU-policy togs då president Nixon i juni 1973 uppdrog åt ordföranden i den amerikanska atomenergi-kommissionen, dr. Dixy Lee Ray, att utarbeta ett förslag till ett långsiktigt energiforskningsprogram.

Resultatet av detta arbete framlades i december 1973. Dr. Rays rapport presenterar sex slutsatser:

- Den nuvarande energisituationen beror till stor del på att samordnande, nationella energi-FoU-program har saknats under de senaste 20 åren.
- Behovet av att åstadkomma självförsörjning med energi härrör från mer fundamentala villkor än de aktuella energikriserna. Tillväxt och spridning av energiintensiv industriell verksamhet kommer att innebära energibrist över hela världen.
- USA har resurser och teknik för självförsörjning. 5 mål måste uppfyllas för att självförsörjning skall åstadkommas:

1. bevarande av energi genom minskad konsumtion och bevarande av energiresurser genom en ökning av verkningsgraden vid omvandling av energi
2. ökning av inhemsk produktion av olja och gas
3. ökad användning av kol
4. utvidgad produktion av kärnenergi
5. stöd till användning av regenererbara energikällor såsom vattenkraft, geotermisk energi och solenergi liksom fusionsenergi.

- Den privata sektorns deltagande i de federala energi-FoU-programmen bör göras så stort som möjligt.
- Framställningen av syntetiska bränslen bör redan 1975 igångsättas på pilotbasis.
- Pågående arbete bör påskyndas inom tre områden som är av värde för de rekommenderade energi-FoU-programmen, nämligen

forskning kring miljöpåverkan  
grundforskning  
manpower development.

En huvudpunkt i det framlagda förslaget är att möjliggöra amerikansk självförsörjning med energi år 1980, men man noterar att väsentliga förbättringar i energisituationen endast kan åstadkommas med betydande ansträngningar över en utsträckt tidsperiod.

Förslaget innebär satsningar under en femårsperiod enligt tabell 4.3. Till detta kommer en särskild post på 1 000 miljoner dollar för åtgärder som anknyter till energiförsörjningen. Dessa medel är fördelade

Tabell 4.3 Föreslagna FoU-satsningar i USA

	Federalt		Privat	
	M \$	%	M \$	%
1. Energibesparande åtgärder	1 440	14	3 500	28
2. Inhemsk olje- och gasexploatering	460	5	4 500	36
3. Kol som substitut för olja och gas	2 175	22	3 000	24
4. Fission	4 090	41	1 250	10
Därav				
Säkerhet, anrikning, HTGR <sup>1</sup>	1 246			
Bridreaktorer	2 844			
5. Andra energiformer	1 835	18	250	2
Därav:				
Fusion	1 450			
Solenergi	200			
Geotermisk energi	185			
Summa	10 000	100	12 500	100

<sup>1</sup> HTGR = gaskylad högtemperaturreaktor.

på miljöforskning med 650 M \$, på grundforskning med 300 M \$ och på utbildning inom energiområdet med 50 M \$.

Detta planerade energiprogram är inriktat på åtgärder att bidra till energiförsörjningen inom tre olika tidsramar: kort sikt till 1985, en mellanperiod efter 1985 och därpå en långsiktig tidsperiod då man hoppas kunna uppnå självförsörjning medelst obegränsade energiresurser, som t ex fusionskraft.

Forsknings- och utvecklingsprogrammet på kort sikt är tänkt att stimulera energibesparing, utveckling av miljövårdsteknik som anknyter till energiförsörjningen samt påskyndande av exploateringen av konventionella energitillgångar. I detta ingår förbättring av känd teknik, t ex beträffande rökgasrening, lättvattenreaktorer, utveckling av förbättrade metoder för kolbrytning i dagbrott och gruvor samt ökad verkningsgrad i energiproduktionen och energikonsumtionen.

FoU-programmen för 1985 och en mellanperiod därefter är inriktade på utvinning av miljövänlig energi ur kol, ökad tillämpning av kärnkraften och ökad användning av speciella energikällor, såsom geotermisk energi och vindkraft. Specifik teknik som ingår här avser utvinning av gas och olja ur kol, bridreaktorer och andra avancerade reaktorer samt bostadsuppvärmning och luftkonditionering med solenergi.

De långsiktiga energi-FoU-programmen är inriktade på permanent självförsörjning när de fossila energibärarna är uttömda. Främst innefattas här fusionsforskningen men också möjligheten att producera elektricitet ur solenergi och att framställa syntetiska bränslen.

I november 1973 satte president Nixon som mål att USA år 1980 skulle vara självförsörjande med energi, och den satsning som erfordras härför kom att döpas till *Project Independence*. Den exakta innebörden av självförsörjningsbegreppet klargjordes inte, och stark misstro mot USA:s möjligheter att uppnå självförsörjning har uttalats från många håll.

Vidare har det forskningsprogram som utarbetades under ledning av Dixy Lee Ray kritiserats på väsentliga punkter, och rapporten har rent av karakteriserats som hastverk. Enligt kommentarer från biträdande ministern för teknik och vetenskap i handelsdepartementet fanns det ett dåligt underlag för meningsfulla bedömningar om vilka energiförsörjningstillskott som olika metoder skulle kunna ge som funktion av insatta investeringar. Allokeringen av medel för olika områden var mindre baserad på prioriteringar än på de olika områdenas maximala möjligheter att absorbera tillgängliga medel. Man tog i planeringen endast hänsyn till de tekniska aspekterna, däremot ej till väsentliga angränsande frågeställningar som t ex huruvida tillräckligt med väte kommer att finnas tillgängligt för kolgasifiering eller hur man ska lösa transportflaskhalsar, t ex beträffande kol.

President Nixons budgetförslag för 1974/75 innebar bl a en 70-procentig ökning av anslagen till energiforskningen. Kongressen tog det ovanliga steget att separera ut energi-FoU-äskanden från de olika berörda departementens och myndigheternas anslagsbudget och behandlade hela energi-FoU-beviljningen i ett paket.

Medel för kärnenergiforskning dominerar: För fissionsteknik uppgår satsningen till ca 725 M \$, och härav satsas 474 M \$ på brydreaktorutveckling. En intressant nyhet är att satsningen på alternativa kärnenergi-program ökas väsentligt. Således föreslås medel för den gaskylda högttemperaturreaktorn ökas till 41 M \$. Fusionsforskningen får 169 M \$. Härav går 66 M \$ till laserfusion, som av militära skäl är omgärdad av sträng sekretess. Kolforskningen får över 400 M \$.

Under 1973 föreslog regeringen att all energi-FoU skulle samordnas i ett nytt organ, *Energy Research and Development Administration (ERDA)*. Kärnan i detta skulle bli Atomic Energy Commission's civila och militära kärnenergiutvecklingsprogram. Lagförslaget att etablera ERDA har antagits av representanthuset, men i senaten har förslaget mött motstånd. ERDA:s framtid är därför fortfarande oviss.

## SOVJETUNIONEN

Sovjetunionen är helt självförsörjande med energiråvara och exporterar betydande mängder kol, olja, naturgas och elenergi. 90 % av energireserverna utgörs av kol. De geologiskt kartlagda tillgångarna uppges vara 9 000 miljarder ton. De sovjetiska vattenkrafttillgångarna skulle fullt utnyttjade kunna generera mer än 1 000 TWh årligen. Sovjetunionen har vidare världens största torvproduktion. Den torde 1972 ha uppgått till storleksordningen 100 miljoner ton (torrsubstans).

Det lär finnas över 70 torveldade kraftverk i Sovjetunionen, vissa av dem i 300 MW-klassen. Satsningarna på kärnkraft är betydande men kvantitativa mått står ej att få.

Enligt den statliga ryska kommittén för teknik och vetenskap kommer befintliga energireserver att räcka ytterligare minst 100, kanske 200 år med nuvarande tillväxttakt. Någon akut energikris anses alltså inte föreligga.

Material från Sovjetunionen behandlande energifrågor och då speciellt energiforskning är mycket otillgängligt. Det förekommer ibland notiser i ryska facktidskrifter om energiforskning, men då nästan alltid inom begränsade områden. Följaktligen kan inga närmare uppgifter lämnas om den sovjetiska energiforskningen.

### JAPAN

Den kraftiga japanska ekonomiska expansionen har självklart också inneburit en stark ökning av energiförbrukningen från ca 100 Mtoe år 1960 till över 300 Mtoe år 1971. 73 % av den årliga förbrukningen tillfredsställs med olja som till över 99 % måste importeras.

Energiförbrukningen i Japan faller till hela 58 % på industrin och blott till 23 % på hushållen. Detta innebär att energiknapphet omedelbart slår mycket hårt mot landets ekonomi. Det senaste årets oljeprishöjningar har inneburit kostnadsökningar med ca 50 miljarder kronor per år för oljeimporten. Alternativa energiformer och sparsamhet i förbrukningen av olja har därför blivit riktlinjer för en mängd av de kommittéer och rådgivande organ som från hösten 1973 bearbetar olika energiförsörjningsfrågor i Japan.

Bland direkta åtgärder som redan vidtagits eller påskyndats p g a oljekrisen kan följande nämnas:

- samarbete med oljeproducerande stater
- kraftigt ökade insatser för oljeprospektering
- kraftig ökning av avsvavlingskapaciteten för att möjliggöra användning av högsvavlig olja
- stora FoU-program
- arbetet på att omskapa Japans industristruktur påskyndas.

En låsning av energiförbrukningen på nuvarande nivå diskuteras ens ej i Japan. Energiförbrukningen är idag blott en tredjedel av den amerikanska per capita och speciellt är hushållskonsumtionen mycket låg.

### Forsknings- och utvecklingsprogram

Japan har sedan länge haft en energiadministration, något som de flesta länder än idag saknar. *MITI (Ministry of International Trade and Industry)* har ansvarat för olja och kol både vad beträffar produktion, raffinering och import. 1973 bildades *Energy and Resources Agency*.

MITI har lagt fram ett långsiktigt FoU-program för utnyttjande av okonventionella energikällor. Programmet kallas *Sunshine Project* och innebär en speciell satsning på solenergi, geotermisk energi, syntetisk naturgas och vätgas.

Premiärminister Tanaka skapade "Solskensprojektet" som slagord under oljekrisen för att visa att Japan liksom USA skulle satsa långsiktigt på nya energikällor. Med frenesi har sedan MITI på några månader fyllt projektet med innehåll. Projektet sträcker sig till 2000-talet även om många bedömare varnar för en övervärdering av långsiktigheten. Det

första årets budget blev 36 miljoner kronor.

Inom solskensprojektet har följande etappmål ställts upp:

#### Solenergi

- 1980 – luftkonditioneringssystem i drift
- 1980 – 10 MW solenergisystem i drift
- 1985 – 100 MW i drift

#### Geotermisk energi

- 1978 – 10 MW i drift
- 1985 – 50 MW i drift
- 1985 – extra djup geotermisk energi (100 MW)
- 1980 – 10 MW vulkanisk energi
- 1990 – 300 MW vulkanisk energi

#### Syntetisk naturgas

- 1980 – anläggning för produktion av 40 000 m<sup>3</sup>/dag
- 1985 – anläggning för 1 miljon m<sup>3</sup>/dag
- 1980 – 200 MW genererad effekt
- 1990 – anläggning för flytande gas (1 500 ton/dag)

#### Vätgas

- 1985–1995 – ny metod för framställning av stora mängder vätgas.

I 1974 års budget upptas följande belopp inom respektive områden:

Solenergi	14 Mkr
Syntetisk naturgas	4,2 Mkr
Geotermisk energi	9 Mkr
Vätekraft	5,3 Mkr

Inom solenergiområdet inriktar man sig i första hand på solgeneratorer med termisk omvandling. Vidare intresserar man sig för utveckling av effektivare solceller och för utnyttjande av soluppvärmt varmvatten för lokalkomfort m m.

För utveckling av geotermisk energi prioriterar man borrhäls- och utforskning av olika typer av geoenergi, t ex vatten, ånga eller ”hot rocks”. För elgenerering kommer man att bygga en 10 MW-anläggning med lågentalpivätska (freon) som termiskt medium. På lång sikt är ”dry rocks” det enda utvecklingsbara geosystemet, eftersom naturliga vatten- och ångförråd är otillräckliga och ofta olämpligt belägna. Omkring år 1990 hoppas man kunna bygga ett 300 MW-kraftverk av ”hot rock”-typ.

Den enda energiråvara Japan själv har i större mängd är kol och detta är skälet till att utveckling av teknik för tillverkning av syntetisk naturgas kommit med i solskensprojektet. Man har för 1974 avsatt 4,2 miljoner kronor. Man inriktar sig i första hand på framställning av stora mängder billig vätgas.



## Nukleär utveckling

Japan har sedan många år ett eget nukleärt utvecklingsprogram. Även för 1974 tar detta 90 % av energiforskningens budget. De största insatserna går till nya typer av fissionsreaktorer, framför allt bridreaktor. Budgeten för 1974 är 1 070 miljoner kronor.

Japan bygger f n en prototyp till en avancerad termisk reaktor (ATR) på 200 MWe. Den beräknas kosta ca 800 miljoner kronor och vara i drift 1976. En experimentreaktor av bridtyp på 100 MWe skall vara klar år 1975 efter fem års byggtid och till en kostnad på över 400 miljoner kronor. Man arbetar vidare på en prototyp för 300 MWe som ska börja byggas i år och vara klar 1978. Gaskylda högttemperaturreaktorer (HTGR) kan utnyttjas inte blott för elgenerering utan också för att ge processvärme till järn- och stålindustri m m. Temperaturen på utgående gas ska helst vara över 1 000 °C och för att nå dit har både MITI och *Japan Atomic Energy Research Institute* arbeten på gång. MITI har speciellt för ståltillverkning i år startat ett stort projekt som under fem år skall kosta ca 100 miljoner kronor.

Det nukleära utvecklingsprogrammet leds av *Science and Technology Agency (STA)*.

## Budget för energi-FoU 1974, miljoner yen

1. Energibesparing		2 406
varav MHD	410	
ny stålprocess	808	
elfordon	1 130	
övrigt	58	
2. Ny teknologi för fossila bränslen		1 598
varav förgasning och framställning av flytande kol	172	
3. Kärnenergi		65 960
varav säkerhets- och miljöfrågor	10 053	
kärnbränslecykeln	11 258	
FBR och ATR	25 448	
HTR	362	
kärndrivna fartyg	1 563	
övrigt	17 276	
4. Förnyelsebara energikällor		3 030
varav geotermisk energi	809	
solenergi	898	
fusion	991	
vätgas	332	
Totalt		72 994

I miljard yen är ungefär lika med 15 miljoner kronor.

## KINA

Tillgångarna på primärenergi i Kina är mycket stora – även med hänsyn till landets och befolkningens storlek – och utgör under de närmaste decennierna inte i sig något problem för Kinas industriella expansion. Avgörande för Kinas moderniseringsstrategi är däremot frågor om industrilokalisering, sysselsättning och kapitaltillgång.

Kinas energikonsumtion uppgår f n till omkring 0,4 toe per capita vilket är mindre än en tiondel av motsvarande siffra för Sverige.

De allmänna riktlinjerna för Kinas energipolitik kan sammanfattas i tre punkter:

- Självförsörjning och oberoende av utlandet
- "Gå på två ben". Ett spektrum av energikällor och tekniker används för att optimera tillgången på primärenergi – små kolgruvor, små vattenkraftverk, metangas, tidvatten och vindkraft.
- Styrning av konsumtionsmönstret. Privatförbrukning och icke produktiv konsumtion hålls systematiskt nere.

## Energibalans 1973

Energiform	Årsproduktion	Andel i energibalansen
Kol	400 Mton	85 %
El	100 TWh	5 %
varav vattenkraft	20 TWh	
värmekraft	80 TWh	
Olja	40 Mton	10 %
Gas	—	
Kärnkraft	—	

Kolet har tidigare fullständigt dominerat i Kinas försörjningsbalans. De totala kolreserverna är mycket stora. Även de lätt utvinningsbara reserverna torde med nuvarande förbrukning räcka bortemot 1 000 år.

Utvinningen av olja har ökat mycket snabbt från bara några miljoner ton i början av 1960-talet till omkring 40 miljoner ton 1973. Fram till början av 1960-talet ansågs att Kina saknade nämnvärda oljefyndigheter men man har senare kunnat konstatera att mycket stora reserver finns på den kinesiska delen av kontinentalsockeln. Reserver av storleksordningen 1 000 gånger nuvarande årsförbrukning torde vara tillgängliga.

Det finns inga indikationer på att Kina f n skulle planera att basera någon påtaglig andel av sin energiförsörjning på kärnkraft. Tillgången på andra primärenergi-källor är tillräcklig för att utan vidare tillgodose alla de krav som kan tänkas uppkomma under de närmaste 20–25 åren. Det är emellertid troligt att Kina framgent kommer att satsa på kärnkraft. Tillgänglig information tyder på att Kina skulle vara gynnat i fråga om urantillgångar och att man behärskar erforderlig anrikningsteknik.

Det finns däremot inga uppgifter om att Kina under 1960-talet eller de senaste åren skulle ha gjort någon omfattande satsning på kommersiella reaktorer eller att det skulle förekomma någon nämnvärd fusionsforskning.

Alternativa energikällor har sedan slutet av 1950-talet spelat en betydande roll i Kinas regionalpolitik. Viktigast är små vattenkraftverk (Kina har under de senaste åren byggt omkring 50 000 små vattenkraftverk med en total kapacitet om 500–1 000 MW) men vind- och tidvattenkraftverk och lokalt utnyttjande av naturgas har inte heller försumrats. Under de senaste åren har framställning av metangas genom fermentering av svingödsel och andra restprodukter från jordbruket kommit att tas i bruk på många platser. Enbart i provinsen Szechwan finns idag omkring 30 000 små anläggningar för generering av metangas.

### NORGE

Bland de europeiska länderna intar Norge (och i viss mån Storbritannien) en särställning på grund av de stora olje- och gasförekomsterna i Nordsjön och Norska Havet. I en stortingsmelding (proposition) har den norska regeringen beräknat den årliga produktionen år 1978 till 35 miljoner ton olja och ca 300 miljarder m<sup>3</sup> gas. Detta är långt mer än vad norrmännen själva kommer att förbruka vid denna tidpunkt.

Inte desto mindre har den norska regeringen för avsikt att genomföra en sträng hushållning av oljeresurserna. Oljepriserna har sedan 1973 mer än fördubblats och även eltaxorna kommer att bli föremål för en kraftig höjning. Regeringen har inte heller för avsikt att använda den norska oljan för att dumpa priserna i Norge.

I Norge svarar elkraften för 60 % och oljan för 40 % av energiförbrukningen. I den tidigare nämnda stortingsmeldingen föreslår regeringen att elkraftförbrukningens ökning fram till 1985 skall täckas genom:

- fortsatt vattenkraftutbyggnad (30 TWh/år i ny kapacitet byggs till år 1985)
- utbyggnad av gaseldade värmekraftverk (5 TWh/år kapacitet byggs till år 1985)
- import från Sverige och Danmark av totalt 5 TWh/år från år 1980.

Regeringen har därvid räknat med den lägsta prognos för förbrukningsökningen som angivits av *Norges Vassdrags och Elektrisitetsvesen (NVE)*. Detta innebär att NVE:s förslag om byggande av ett kärnkraftsaggregat som skulle tas i drift år 1983 inte har godtagits. Först bör kärnkraftens säkerhet och miljöverkningar närmare klarläggas. Regeringens förslag kommer att behandlas i Stortinget hösten 1974.

Ett särskilt energiutskott tillsatt av *Norges Tekniska och Naturvetenskapliga Forskningsråd (NTNF)* har kritiserat regeringens energiförbrukningsprognos. Utskottet anser att den övergång till användning av elektricitet för uppvärmningsändamål som initierats av de höjda oljepriserna kommer att leda till en kraftig brist på elenergi i början av 80-talet om inte elproduktionskapaciteten byggs ut snabbare än vad som

föreslagits. Man förutser också att svårigheter kan uppkomma att föra iland olja och gas i Norge. Det kan vidare bli svårt att genomföra en så kraftig vattenkraftutbyggnad som föreslagits.

NTNF:s energiutskott har i en rapport sommaren 1974 föreslagit FoU-satsningar inom olika områden. På produktionssidan föreslås bl a:

- Forskning och systemstudier rörande eldistributionsnät
- Säkerhets- och miljöstudier för lättvattenreaktorer samt utnyttjande av kärnkraftvärme
- Forskning inom havsteknik och prospekteringsteknik

och på konsumtionssidan bl a:

- Utnyttjande av spillvärme och återanvändning av avfallsprodukter
- Ökning av verkningsgraden för energikrävande processer
- Övergång till mindre energikrävande processer
- Forskning för att minska byggnaders energiförbrukning.

Energiutskottet föreslår skapandet av ett särskilt energisekretariat för att samordna all energi-FoU.

## DANMARK

Av den totala energiråvaruförbrukningen i Danmark år 1972 utgjordes ungefär 90 % av oljeprodukter, 9 % av stenkol och koks och 1 % av importerad elenergi. Energiförbrukningen har fram till hösten 1973 stigit med nästan 10 % per år. Hälften av energin går till lokaluppvärmning, 15 % vardera till industrin och transportsektorn, 12 % till jordbruk och fiske, 8 % till hantverk. 6 % av energin i konsumtionsledet är elenergi.

De kraftigt stegrade oljepriserna har föranlett handelsministeriet att tillsätta ett särskilt energipolitiskt utskott. Utskottet skall diskutera energipolitiska frågor för att säkra samordningen av energipolitiken inom administrationen samt vara rådgivare åt regeringen i sådana frågor. Samordningen inom energi-FoU-verksamheten skall ske genom kontakter mellan anslagsgivande organ (teknologirådet och de olika forskningsråden). Ett förslag har framkommit om att tillsätta en arbetsgrupp mellan forskningsråden för energifrågor. Denna arbetsgrupp skall koordinera de energiprojekt som forskningsråden sätter igång, ta initiativet till nya energiprojekt och svara för en effektiv informationsverksamhet om energifrågor till ministerier och allmänhet.

De projekt man avser att satsa på ligger främst inom följande områden:

- Utnyttjande av spillvärme från kraftverk och industri
- Förbättring av värmekraftverks verkningsgrad
- Utnyttjande av värmepumpar
- Utnyttjande av avfall
- Bostädernas energiförbrukning
- Energisystemstudier
- Internationellt forskningssamarbete

Danska elkraftproducenter planerar att köpa ett nyckelfärdigt kärnkraftverk på mellan 600 och 900 MW som skulle kunna vara i drift i slutet av år 1980. Det skulle då svara för drygt 10 % av Danmarks elbehov.

### FINLAND

Handels- och Industriministeriet har tillsatt en särskild energipolitisk delegation uppdelad i tre avdelningar för energibehov, energiförsörjning och energifinansiering. Delegationen håller f n på med en utredning om Finlands energiförsörjning under den kommande 10-årsperioden med huvudvikt på tillförsel och förbrukningsaspekter.

En arbetsgrupp inom ministeriet har utarbetat ett förslag till forsknings- och utvecklingsprojekt som syftar till en effektivare energianvändning. Bland projektförslagen kan nämnas:

- Undersökningar av möjligheterna att utnyttja industrins spillvärme för bl a uppvärmning av bostäder
- Processförbättringar och utnyttjande av bark- och fiberavfall inom träförädlingsindustrin
- Utredning av användningsmöjligheter för torvgasgeneratorer.

*Fonden för Finlands självständighets jubileumsår 1967 (SITRA)* finansierar ett omfattande program angående byggnaders värmeekonomi.

Finland satsar på ett ambitiöst kärnkraftsprogram. Tre reaktorer är under uppförande och ytterligare två planeras.

Någon totalsamordning av energi-FoU-ansträngningarna planeras icke.

### ISLAND

Island har i mindre grad än de övriga nordiska länderna drabbats av oljeprisernas höjning. Energin kommer till största delen från vattenkraft och geotermisk energi. Redan idag bor 50 % av befolkningen i geotermiskt uppvärmda hus och oljekrisen har påskyndat planerna på att öka denna andel. Planer finns också att utnyttja högtemperaturånga ur marken för industriella ändamål.

Med anledning av oljekrisen tillsattes en särskild kommitté som avgivit en rapport till Alltinget. FoU-resurserna på Island inom energiområdet är koncentrerade till ett energiinstitut i Reykjavik.

### IRLAND

Irland är världens näst största torvproducent. Årsproduktionen ligger på 4 miljoner ton. Av dessa används ca 2/3 för att producera 1/4 av Irländska republikens behov av elkraft. Resterande används huvudsakligen för bostadsuppvärmning.

Den irländska elförsörjningen kan kort sammanfattas i följande tabell:

Primärenergikälla	Andel i el- produktionen	Kostnad för produ- cerad elenergi öre/kWh
Olja	65 %	2,5
Torv	24 %	5-9
Vattenkraft	10 %	1,25
Kol	1 %	9

Priset för oljegeraderad elkraft är baserat på 1972/73 års prisnivå. Dagens kostnad kan uppskattas till ca 7,5 öre/kWh.

Total installerad eleffekt ca 1 800 MW.

Den utnyttjade torvmossarealen uppgår till ca 130 000 tunnland. Man har för avsikt att ta i anspråk ytterligare 40 000 tunnland fram till år 1980. Det tillgängliga torvtäckerna beräknas vara slut omkring år 2000.

### 4.3 Internationellt samarbete

Internationellt samarbete för forskning och utveckling inom energiområdet omfattar såväl de allmänna policyfrågorna som omfattande vetenskaplig och teknisk samverkan.

#### 4.3.1 Policyskapande arbete

Det internationella samarbetet påskyndades och förstärktes snabbt i samband med händelserna vintern 1973/74. Detta har dock ännu inte givit resultat som kan vara till stor hjälp vid utarbetandet av en nationell energipolitik, men det är påtagligt hur parallellt olika internationella organ – OECD, EG och den sk energisamordningsgruppen – befinner sig i sitt arbete att ta fram underlag för regeringarnas ställningstaganden.

#### OECD

En långsiktig energistudie (Long Term Energy Assessment) som utförs inom OECD beräknas efter en forcering av arbetet kunna presenteras mot slutet av oktober 1974. En del i denna utgörs av en *Survey of Energy R & D in OECD Member Countries*. Sistnämnda arbete har hittills resulterat i en översikt över pågående forsknings- och utvecklingsprojekt i OECD:s medlemsländer och i en sammanställning av utvecklingsmöjligheterna inom energitekniken. Delstudiens viktigaste avsnitt, en översikt och analys av medlemsländernas politik för forskning och utveckling inom energiområdet, beräknas vara färdig först hösten 1974.

Under OECD:s senaste ministermöte i maj 1974 påpekades av ett flertal länder att man ansåg OECD vara det lämpligaste organet för samarbete inom energiområdet. Ett resultat av detta stöd till OECD kommer att bli en utvidgning av organisationens verksamhet vad gäller energi-FoU.

### *Den europeiska gemenskapen*

Inom den europeiska gemenskapen (EG) har man sedan flera år tillbaka arbetat för att åstadkomma en gemensam energipolitik. Resultatet av dessa ansträngningar har dock hittills varit begränsat. Händelserna vintern 1973/74 gjorde tidigare ansatser delvis inaktuella och ett nytt intensifierat arbete påbörjades, bl a på FoU-området. EG-kommissionen tillsatte en expertgrupp (Energy Subgroup of European Committee for Research and Development, CERD), som redan den 7 mars 1974 lade fram en rapport till kommissionen med titeln "An Initial Energy R & D Programme for the European Community". Den anses av medlemmar av kommissionen mycket väl kunna tjäna som underlag för EG:s framtida energi-FoU-politik, men först helt nyligen (augusti 1974) har kommissionen framlagt förslag i frågan för ministerrådet. Se vidare nedan.

EG-kommissionen har också påbörjat en insamling av information om utgifter för energi-FoU i EG-länderna. Denna information är av liknande typ som den OECD sammanställt och som nämndes ovan. Svaren från EG-länderna började emellertid inte komma in till kommissionen förrän under juni 1974, och informationen torde inte vara bearbetad förrän mot slutet av året. Inom kommissionen har man därför med utgångspunkt från redan tillgänglig information försökt bedöma EG-ländernas satsning på energi-FoU i jämförelse med motsvarande satsningar i USA och i Japan. Jämförelsen har givit följande indikativa resultat:

EG-länderna	1 000 MAU, motsvarande 0,10 % av BNP
USA	1 680 MAU, motsvarande 0,14 % av BNP
Japan	575 MAU, motsvarande 0,15 % av BNP

(MAU = miljoner accounting units; en AU är idag ungefär kronor 5:50)

Uppgifterna avser år 1974. Kommissionen finner vid sin jämförelse att EG-länderna tillsammans borde ha satsat 1 500 MAU under år 1974 för att uppnå en relativ satsning jämförbar med USA:s och Japans, dvs 0,15 % av BNP.

EG-kommissionen lade den 29 maj 1974 fram en rapport till rådet med titeln "Mot en ny energipolitisk strategi för gemenskapen". Kommissionen framhöll bl a att ett viktigt instrument i denna nya strategi bör vara utvecklandet av en särskild forskningspolitik på energiområdet.

Långsiktsmålet bör vara att EG:s energiförsörjning skall bygga på huvudsakligen två försörjningskomponenter. I första hand är det kärnenergin som i jämförelse med andra energikällor är den lämpligaste lösningen på lång sikt. Skälen härtill är bl a lättillgänglighet, flexibilitet i användningen, goda transport- och lagringsmöjligheter samt lämplighet från miljöskyddssynpunkt.

Vid sidan av kärnkraften – som skulle kunna täcka minst 50 % av det totala energibehovet år 2000 – bör gas respektive syntetisk gas kunna täcka närmare en tredjedel av energikonsumtionen.

För EG:s energipolitik på kortare sikt – år 1985 – föreslår EG-kommissionen ett handlingsprogram som bl a omfattar följande:

- Rationell energianvändning bör kunna ge minskning av konsumtionen med omkring 10 %
- Ökning av elkonsumentens andel av totala energibehovet från 25 % 1973 till 35 % 1985
- Minskning av importberoendet till omkring 40 % (f n 63 %)
- Begränsning av oljans andel från nuvarande 60 % till 40 % av energiförsörjningen
- Bibehållen kolproduktion och ökad kolimport
- Olja och naturgas bör ej användas för elproduktion
- Andelen naturgas bör ökas från 12 till 25 %
- 50 % av elbehovet bör 1985 täckas av kärnkraft vilket kräver 200 000 MWe kärnkraft.

Det av kommissionen nyligen för rådet framlagda förslaget till gemensamt forskningsprogram har fått titeln "Energi för Europa – forskning och utveckling". Det är avsett att täcka all forskning som utförs antingen av gemenskapen eller av medlemsländerna och syftar till ökad satsning och samordning av forskningspolitiken.

Programmet beräknas kosta 1 500 MAU per år och man föreslår att en successivt ökande andel av kostnaderna skall finansieras över gemenskapens budget (f n ca 10 %).

Förslaget är uppdelat på 8 huvudområden som bl a omfattar följande allmänna mål:

#### 1. Grundläggande information:

Inventering av energiforskningen i medlemsstaterna. På grundval härav kan beslut om fortsatt forskning sedan lättare fattas.

#### 2. Energibesparande åtgärder:

Ökad satsning och samordning av de nationella forskningsprogrammen, stöd till FoU-projekt samt förbättrat informationsutbyte.

#### 3. Fossila bränslen:

**Kol** – satsning på ökad automatik och förbättrad arbetsmiljö vid brytning och förädling av kol; utveckling av metoder för att höja kolets konkurrenskraft som bränsle.

**Gas och olja** – utveckling av processer för att öka verkningsgraden vid produktion och konsumtion; förbättrad teknik för djuphavsborrning.

#### 4. Kärnkraft:

**Fission** – samordning av forskning beträffande högttemperatur- och bridreaktorer – fördjupad forskning för att belysa problemen i samband med säkerhetsfrågor, återanvändning, ekologi och anrikning.

**Fusion** – nya förslag på fusionsområdet inklusive strålningskydd och miljövårdsaspekter kommer att framläggas 1975 inom ramen för det nya långtidsprogrammet 1976–80.

#### 5. Vätebaserad energi:

Studier av problem i samband med vätegasens användning som energikälla, särskilt vid transport och lagring.



**6. Alternativa energiformer:**

Utveckling av teknik för att tillvarata energikällor som sol, tidvatten, vind och geotermisk energi.

**7. Miljöforskning:**

Utveckling av miljövårdsteknik som ansluter till energiförsörjningen; bl a studier av inverkan av kylvattenutsläpp, svavelhaltiga rökgaser och kväveoxider.

**8. Systemanalyser:**

Framtagande av modeller för genomförande av målen för energipolitiken på medellång och lång sikt.

Genomförandet av programmet skulle enligt kommissionen kunna anförtros ett organ med särskild rättslig och finansiell autonomi. Konkreta förslag beträffande de åtta huvudsektorerna avses framläggas före årets slut.

Kommissionens förslag kommer närmast att behandlas av den särskilda FoU-kommittén – CREST – där medlemsstaterna är representerade.

*E n e r g i s a m o r d n i n g s g r u p p e n*

Den energisamordningsgrupp (ECG) som tillsattes vid energikonferensen i Washington i februari 1974 har haft ett antal undergrupper för behandling av olika frågor, bl a en för energi-FoU. Målsättningen har varit något annorlunda än för motsvarande grupper inom OECD och EG. De sistnämnda har i sitt arbete lagt stor vikt vid policyaspekter och har haft som mål att nå resultat som kan tjäna som hjälp eller underlag vid utarbetandet av nationell FoU-policy inom energiområdet. ECG:s FoU-grupp har gjort en översikt över forsknings- och utvecklingsprojekt på energiområdet inom de tolv länder som medverkat i ECG (Belgien, Danmark, Irland, Italien, Japan, Kanada, Luxemburg, Nederländerna, Norge, Storbritannien, USA, Västtyskland) samt över projekt häribland vilka kan vara lämpade för internationellt samarbete. Gruppen har utarbetat tre olika prioritetslistor. Den första listan omfattar de tio projekt som anses ha högsta prioritet för internationell samordning och internationellt samarbete. (Denna prioritering innebär inte med nödvändighet att projekten också är de som får anses ur energiförsörjningssynpunkt vara viktigast.) Den andra listan upptar 19 projekt som redan omfattas av internationellt samarbete och den tredje listan upptar 26 projekt som inte bedöms vara av intresse för internationellt samarbete.

De tio projekten på den första listan är följande

1. Kolteknik
2. Användning av solenergi
3. Omhändertagande av radioaktivt avfall
4. Kontrollerad termonukleär fusion
5. Produktion av väte från vatten
6. Kärnkraftanläggningars säkerhet
7. Användning av spillvärme

8. Energibesparing
9. Användning av kommunalt och industriellt avfall för energibesparing
10. Analys av energisystem och allmänna studier

Gruppens avsikt är att undersöka hur internationellt samarbete kan åstadkommas kring projekten i denna lista. Följande samarbetsformer har diskuterats:

- Ett "pilotland" ges ansvaret för att samarbete inom ett visst område etableras.
- En existerande internationell institution (t ex OECD eller dess kärnenergiorgan NEA) ges en ny arbetsuppgift. (Däremot rekommenderar gruppen inte i första hand etablerande av nya internationella institutioner.)
- En existerande internationell organisation ges ansvaret för ett pågående projekt och ges därvid den nya struktur som kan behövas för uppgiften.
- ECG etablerar "styrande kommittéer" bestående av ämbetsmän på hög nivå, ansvariga för energifrågor, för att sätta igång och styra samarbetet. Detta förslag har inte fått större stöd inom ECG.

#### 4.3.2 Forsknings- och utvecklingssamarbete

Det internationella samarbetet för forskning och utveckling inom energiområdet tar sig självfallet många uttryck, och någon uttömmande beskrivning låter sig inte göras i detta sammanhang. Man kan konstatera att samarbete existerar både i form av ett stort antal bilaterala projekt och i form av arbete inom olika internationella organisationer. I denna framställning måste vi koncentrera oss på den sistnämnda arbetsformen, vilket innebär att vi utelämnar inte bara bilaterala överenskommelser utan också mycket av det omfattande industriella och akademiska arbetet.

Nedan lämnas en kortfattad redogörelse för pågående internationellt forsknings- och utvecklingssamarbete baserad på bl a tillgängligt OECD-material avsett för den tidigare berörda studien av forskning och utveckling inom energiområdet. Framställningen följer den områdesindelning som tillämpas för OECD-studien.

#### *Fossila bränslen*

Privata, ofta internationella, företag spelar en dominerande roll inom denna sektor. Ett världsomfattande samarbete på det teoretiska planet existerar emellertid inom *International Union of Geological Sciences* avseende kartläggning av nya fyndigheter. På ett mer tillämpat plan sker årliga möten mellan cheferna för olika nationella geologiska institutioner.

Produktionen av olja och naturgas domineras av de internationella oljebolagen. Ett exempel på FoU-samarbete dem emellan är bolaget *SEAL (Subsea Equipment Association Ltd)*, som är gemensamt ägt av ett antal oljebolag.

Mellan de olika (ofta statligt ägda) företag som distribuerar naturgas förekommer visst samarbete avseende transport och lagring. De stora gasföretagen inom den europeiska gemenskapen ( däribland Gaz de France och The British Gas Corporation) samarbetar inom *European Gas Research Group* med American Gas Council inom ett projekt med titeln *The Atlantic Gas Research Exchange*.

Inom kolområdet spelar regeringarna en väsentligare roll än inom petroleumområdet, och det internationella samarbetet är bättre kartlagt. Omfattande samarbete äger rum inom den europeiska kol- och stålunionen men också inom *The West European Coal Producers Organisation*. Forsknings- och utvecklingsledare med ansvar för säkerhetsfrågor i samband med kolanvändning i Belgien, Frankrike, Västtyskland och Storbritannien har årligen möten för samordning av forskningsprojekt. Amerikanska Bureau of Mines har deltagit i dessa möten under de två senaste åren. Bilateral samarbetsavtal har upprättats mellan USA och Västtyskland respektive mellan USA och Storbritannien för studier av kolförbränning och kolomvandling. I det nyetablerade samarbetet inom såväl OECD och EG som i energisamordningsgruppen behandlas kolfrågor med hög prioritet.

### *Kärnenergi*

Intresset för internationellt samarbete inom kärnenergitekniken har varit stort alltsedan det tidigaste utvecklingskedet. Anledningen härtill kan vara dels de stora finansiella åtaganden som kärnkraftutvecklingen kräver, dels den höga teknisk-vetenskapliga nivå som arbetat bedrivs på och som enligt erfarenheter från andra områden underlättar det internationella samarbetet. Av avgörande betydelse har också varit det av USA:s president Eisenhower år 1953 framlagda "Atoms for Peace Programme", vilket lade grunden för ett omfattande samarbete.

*International Atomic Energy Agency (IAEA)* är knutet till Förenta Nationerna och har som huvuduppgift att främja fredligt utnyttjande av atomenergin och att medverka till att den inte används för militära ändamål.

*Nuclear Energy Agency (NEA)* är OECD-ländernas kärnenergiorgan. Inom dess ram drivs ett flertal långsiktiga projekt, bl a två experimentreaktorer.

Den europeiska gemenskapen samarbetar inom *Euratom* med bl a fyra gemensamma forskningscentra.

Två olika europeiska projekt studerar urananriktning: *EURODIF* med Frankrike, Belgien, Italien och Spanien som deltagare har studerat och nyligen fattat beslut om uppförande av en gasdiffusionsanläggning, medan *URENCO* (Västtyskland, Nederländerna och Storbritannien) driver utvecklingsarbete inom gascentrifugtekniken.

För upparbetning av utbränt kärnbränsle skapades inom NEA ett särskilt bolag, *EUROCHEMIC*, vars framtid dock för närvarande synes oklar sedan tre av huvuddelägarna i bolaget startat ett eget företag, *United Reprocessors GmbH*, vilket torde komma att ta en stor del av

EUROCHEMIC:s europeiska marknad. Beslut har fattats om nedläggning av EUROCHEMIC:s verksamhet, men eftersom den måste pågå fortlöpande under lång tid och är förenad med fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete kommer EUROCHEMIC att vara verksam under ytterligare ca fem år.

Det *Nordiska kontaktorganet för atomenergifrågor (NKA)* inrättades 1957 med uppgift att främja nordiskt samarbete på atomenergiområdet. Som en avläggare till kontaktorganet skapades 1968 den *Nordiska atomkoordineringskommittén (NAK)* som ett permanent samarbetsorgan mellan Danmarks, Finlands, Sveriges och Norges atomforskningsinstitut. Året därpå tillsattes en nordisk arbetsgrupp för reaktorsäkerhet med uppgift att utarbeta gemensamma säkerhetsbestämmelser m m.

Beträffande utveckling av lättvattenreaktorer finns bilaterala samarbetsavtal mellan ett flertal länder och USA. Detta innebär i de flesta fall att General Electric eller Westinghouse Company har givit tillverkningslicenser till företag i de olika länderna. Motsvarande samarbete finns även beträffande högttemperaturreaktorer. NEA driver i England experimentreaktorn *Dragon*.

Utvecklingen av snabba metallbridreaktorer har givit upphov till ett flertal samarbetsprojekt. EG har en särskild koordinationskommitté. Västtyskland, Belgien och Nederländerna har beslutat att gemensamt bygga en reaktor och elektricitetsbolag i Frankrike, Italien och Västtyskland samarbetar. NEA har dessutom en samordningsgrupp för gaskylda snabba reaktorer som arbetar i nära kontakt med de företag som har intresse av samma teknik.

Ett omfattande samarbete ägnas frågor kring reaktorsäkerhet. Speciellt aktiva är här den europeiska gemenskapen och NEA. Båda dessa organisationer sysslar likaså med avfall från kärnenergivverksamheten och med kontroll av radioaktivt material. Denna kontroll är också en huvudaktivitet för IAEA. Alla de nämnda organen arbetar dessutom med strålskydd, ett område som också täcks av *International Commission for Protection against Radiation*. Även om samarbetet inom de senast nämnda områdena till stor del gäller andra utgifter än forskning och utveckling utgör denna på grund av kärnenergivverksamhetens karaktär också en väsentlig del i arbetet.

### *Fusionsforskning*

Samarbetet inom fusionsområdet präglas av att detta område än så länge är av huvudsakligen vetenskaplig och teknisk karaktär. Nästan all fusionsverksamhet inom den europeiska gemenskapen är delar i ett samordnat gemensamt program. Här märks bl a utvecklingen av en stor försöksanläggning, *Joint European Tokamak (JET)*.

### *Andra energikällor*

Inom detta område, för vilket intresset i många fall är tämligen nyväckt, är det internationella samarbetet helt naturligt mindre omfattande.

Forskningsprogram inom området har föreslagits vid underhandlingar om nytt energisamarbete som förts under våren 1974. Inom solenergiområdet har den europeiska gemenskapen sedan flera år tillbaka ett gemensamt forskningscentrum, och NATO koordinerar sedan nyligen FoU-verksamhet inom detta område för medlemsländerna. NATO har även samordnande funktioner vad gäller andra okonventionella energikällor.

### *Överföring av energi*

Forskning och utveckling avseende produktion, lagring och överföring av elektricitet bedrivs till största delen hos de företag som levererar utrustning för elgenerering. Uppgifter om vilket internationellt samarbete som förekommer är knapphändiga. Utbyte av teknisk information arrangeras av *International Union of Electric Energy Producers and Distributors (UNIPEDE)*. Internationellt samarbete förekommer beträffande vissa speciella tekniker. EG samarbetar t ex för utveckling av material för gasturbiner och NEA och IAEA har en arbetsgrupp för magnetohydrodynamisk elgenerering.

Internationellt samarbete beträffande andra energibärare än elektricitet är än så länge föga utvecklat. Visst produktions- och distributions-samarbete äger rum beträffande naturgasförsörjning. EG har påbörjat ett begränsat arbete kring vätgasproduktion.

### *Energiutnyttjande och energibesparing*

Detta område har hittills blivit föremål för avsevärt mindre internationellt samarbete än de flesta andra energiaspekter. Ett omfattande arbete har dock påbörjats inom OECD:s ram och frågorna har även behandlats av ECG.

### *Energisystem*

Under rubriken energisystem faller varierande metoder, tekniker och analytiska hjälpmedel för studier av energifrågornas och energianvändningens plats i ett större sammanhang. Hit hör t ex studier av "energiekonomi", energiflöden, input/outputanalyser i energitermer. Vidare utvecklas metoder för analytiska studier av nationell energipolicy, miljöaspekter och sociala och ekonomiska följder av energiförhållandena i det industrialiserade samhället osv. Sådant arbete bedrivs inom de flesta internationella organisationer med intresse för energifrågor, dvs inom OECD, EG, ECG, Förenta Nationerna, Världshälsoorganisationen, IAEA och Världsmeteorologorganisationen.

## 5 Behov av energi-FoU – en sammanfattning av expertmaterialet

### 5.1 Inledning

Energiprogramkommittén har på olika sätt sökt skaffa sig en bild av det samlade behovet av FoU inom energiområdet. Genom en enkätundersökning har förslag till FoU-projekt kommit fram. Dessutom har kommittén genom en lång rad experters medverkan tagit fram ett omfattande expertmaterial. Detta material, vilket publiceras samtidigt med kommitténs betänkande, täcker energiproduktionens och energianvändningens olika delområden.

Syftet med detta kapitel är att presentera det samlade behovet av FoU sådant det framträder ur expertmaterialet. För denna presentation har expertmaterialet till viss del omstrukturerats med utgångspunkt från den systemsyn som finns redovisad i kapitel 2. Men även om expertmaterialets struktur alltså delvis ändrats så är de fakta och bedömningar som redovisas i detta kapitel i allt väsentligt hämtade från expertmaterialet, eller från sådan ytterligare information som experterna lämnat då de närvarit vid energiprogramkommitténs sammanträden. Detta kapitel utgör sålunda inget ställningstagande från kommitténs sida – det är en redogörelse för bedömningar av FoU-behov som de av kommittén anlitade experterna gjort.

Den följande framställningen är direkt anknuten till den i kapitel 2 gjorda distinktionen mellan produktion och konsumtion av förädlad energi. Avsnitten 5.2–5.8 handlar sålunda om utvinning av primärenergi och denna energis omvandling till förädlad energi. Avsnitten 5.9–5.11 behandlar användning av förädlad energi inom olika områden – industri, transporter och lokalkomfort. Även om det i det stora flertalet fall är klart hur distinktionen mellan produktion och användning skall tillämpas, så gäller detta inte genomgående. Som exempel kan nämnas att vissa utrustningar för lagring av energi, t ex värmeackumulatorer, i princip kan finnas på både produktions- och användningssidan.

Redovisningen av expertmaterialet för energiproduktion har grupperats så att alla FoU-förslag som har i stort samma målsättning hållits samman under en rubrik.

De FoU-insatser, t ex utvinning av uran, som befrämjar utnyttjandet av fissionsenergi är sammanförda under denna rubrik.

Åtgärder för effektivisering, anpassning och utvidgning av dagens

elproduktionssystem redovisas under "Konventionell elproduktion".

FoU för utnyttjande av spillvärme – främst från värmebaserad elkraftproduktion – tas upp under "Distribution och ackumulering av värme".

Under rubriken "Organiska bränslen" redovisas de organiska bränslen som kan tänkas ersätta oljeprodukter. Dessa bränslen kan användas i el- och värmeproduktion men är också intressanta som utgångsmaterial för omvandling till drivmedel.

FoU under rubriken "Nya energisystem" avser metanol och vätgas-system samt komponenter i dessa.

Till "Övriga energislag" har hänförs FoU rörande fusion, geotermisk energi, vind- och solenergi.

Inom användningsdelen av energiförsörjningssystemet kan ett effektivare energiutnyttjande allmänt sägas innebära att man under beaktande av kostnader för övriga produktionsfaktorer minskar den mängd energi som behövs för att få fram en viss kvantitet nyttigheter. Eller – annorlunda uttryckt – man höjer den förädlade energins produktivitet.

Den genomgång av olika energikonsumtionsområden som kommitté-experterna gjort visar att det finns mycket betydande möjligheter till effektivare energiutnyttjande. Det är emellertid också av intresse att dessa möjligheter till stor del kan utnyttjas med redan existerande teknik som isolering, värmeväxling m m. Med den senare tidens snabba pristegringar på energi som bakgrund är det sannolikt att sådan teknik efter hand kommer att utnyttjas i allt större utsträckning. I viss men som det förefaller mindre utsträckning är det emellertid också så att en bättre energihushållning förutsätter FoU.

I det följande är det framför allt dessa FoU-aspekter på en bättre energihushållning som beaktas. Framställningen i avsnitten 5.9–5.11 omfattar tre huvudområden: industri, transporter och lokalkomfort. Mellan dessa tre områden finns väsentliga skillnader i olika avseenden, och dessutom finns inom industriområdet skillnader mellan olika industrityper. Skillnaderna gäller de typer av förädlad energi som går in i konsumtionsområdena, energiomvandlingarna och karaktären hos överskottsenergin (spillvärme etc). Dessutom är betingelserna för styrning av konsumtionsmönstret från samhällets sida väsentligt olika för vart och ett av områdena industri, transporter och lokalkomfort.

Redan här är det av intresse att redovisa en översikt över de FoU-resurser som experterna föreslår inom olika produktions- och konsumtionsområden. Förslagets innebörd för nästkommande budgetår, dvs initialinsatserna, framgår av tabellerna 5.1 respektive 5.2. De redovisade siffrorna representerar förslag om totalt FoU-stöd med allmänna medel. Först kan konstateras att produktionssektorn har en större andel av föreslagna FoU-medel än konsumtionssektorn. För produktionssektorn uppgår förslagen till 65,7 Mkr/år och för konsumtionssektorn till 38,5 Mkr/år.

Utöver FoU-förslag som direkt kan hänföras till produktions- eller konsumtionssektorn finns också förslag på sammanlagt 0,95 Mkr/år för allmänna systemstudier inom energiområdet. Dessa studier gäller alltså energiförsörjningssystemet i dess helhet och avser tex ekonomiska

Tabell 5.1 Föreslagna FoU-insatser budgetåret 1975/76 för energiproduktionssektorn

	Mkr	Mkr summor
Uranprospektering och -utvinning	3,1	
Urananrikning	4,5	
Plutoniumåterföring	1,7	
Lättvattenreaktorer	24,2	
Gaskylta högtemp. reaktorer	3,7	
Bridreaktorer	4,7	41,9
Vattenkraft	0,6	
MHD-generatorer	0,6	
Eldistribution	1,1	2,3
Distribution och ackumulering av värme	3,1	3,1
Distribution och ackumulering av gas	2,0	2,0
Kol	1,0	
Skiffrar	3,0	
Torv	1,0	
Ved och hyggesavfall	0,5	
Jordbruksavfall	0,1	
Hushållsavfall	1,0	
Energiodlingar	0,5	
Nyttiggörande av solstrålning via biosystem	1,2	8,3
Nya energisystem	3,0	3,0
Fusionsenergi	4,0	
Vindenergi	0,5	
Geotermisk energi	0,2	
Viss övrig grundforskning	0,4	5,1
<b>Totalsumma</b>		<b>65,7</b>

problem i samband med produktion och konsumtion av el, gas och värme.

Den föreslagna totalsumman är sålunda 105,2 Mkr för budgetåret 1975/76.

Tabell 5.2 Föreslagna FoU-insatser budgetåret 1975/76 för olika energikonsumtionsområden, samt områdenas betydelse i den nuvarande svenska energikonsumtionen. Siffrorna för industrigrenarnas energikonsumtion innehåller inte energi för lokalkomfort. Siffrorna för jordbruk och skogsbruk avser endast drivmedel. Flera uppgifter i tabellen är skattade.

	Mkr/år	TWh/år	Andel av landets energikonsumtion, %
Järn-, stål-, metall- och verkstads- industri	6,1	31,8	8,8
Petroleum-, kemi-, plast- och gummiindustri	1,2	16,0	4,4
Massa-, pappers- och träfiber- platteindustri	5,2	54,8	15,1
Jord- och stenvaruindustri	0,5	11,0	3,0
Övrig industri	0,0	6,6	1,8
Jordbruk och skogsbruk	0,3	5,2	1,4
Transporter och samfärdsl	7,0	54,3	15,0
Byggnad, lokalkomfort och hushåll	18,2	182,6	50,5
<b>Summa</b>	<b>38,5</b>	<b>362,3</b>	<b>100,0</b>



De i tabellerna 5.1 och 5.2 angivna siffrorna är som nämnts föreslagna insatser för nästkommande budgetår. Vad förslagen innebär på längre sikt, säg fram emot mitten av 1980-talet, varierar från fall till fall. För flera områden, t ex geotermisk energi, avser förslagen endast inledande studier och förundersökningar – vad som därefter beslutas beror på förundersökningarnas utfall. För andra områden täcker förslagen bara ett fåtal år eftersom avsikten är att projekten därefter skall kunna drivas vidare på kommersiell bas och behovet av FoU-stöd ur allmänna medel alltså upphöra. Det betydelsefullaste exemplet på detta är urananrikningen. För återigen andra områden föreslås en relativt konstant insats under hela tioårsperioden. För vissa områden – t ex kolutnyttjande – föreslås en markant stegrad insats under hela tioårsperioden. Till slut finns några förhållandevis stora områden för vilka alternativa förslag förekommer. Dessa områden är gaskylda högttemperaturreaktorer, bridreaktorer och fusionsenergi. Framför allt innebär alternativen för bridreaktorerna mycket olika kostnadsramar. En överslagsberäkning avseende totalresultatet pekar på att de årliga allmänna anslagen för energi-FoU mot slutet av tio-årsperioden kan komma att ligga 5–25 Mkr/år (i nuvarande penningvärde) över de anslag som föreslås för nästkommande budgetår.

I huvudsak gäller att de föreslagna beloppen inte inkluderar prototypanläggningar inom olika områden. När man kommer till prototypstadiet kan stödbehovet bli av en helt annan storleksordning än det redovisade.

Det förekommer i expertmaterialet ett antal förslag om prototypanläggningar inom olika områden. Till anskaffningskostnaderna, som finns uppgivna för vissa av förslagen, kommer också betydande driftkostnader. Nedan följer en lista över prototypanläggningar som enligt expertmaterialet efter hand bör anskaffas eller utvecklas. Svårigheten att dra gränserna mellan långt utvecklade laboratorieförsök och prototyper, och mellan prototyper och upphandlade fullskaleanläggningar, är dock påtaglig.

- Liten standardiserad vattenkraftstation (moment 5.3.1).
- Försöksanläggning för utnyttjande av fasta bränslen i värmekraftverk – kostnad ca 50 Mkr (moment 5.3.2).
- MHD-kraftverk på 50–100 MW efter en inledande beslutsunderbyggande femårsperiod (moment 5.3.3).
- Försöksanläggningar för distribution av varmvatten från värmekraftverk – kostnad 5 å 10 Mkr (avsnitt 5.4).
- Försöksanläggningar för energiutvinning ur skifferlakresterna i Ranstad (moment 5.6.1).
- Försöksanläggningar för torvutvinning och torvutnyttjande (moment 5.6.1).
- Försöksanläggningar för produktion av syntesgas ur ved och hyggesavfall. Anläggningarna innefattar förugn, förbränningsugn för flis och gasgenerator – kostnad ca 15 Mkr (moment 5.6.1).
- Försöksstation för utvinning av energi ur hushållsavfall – kostnad ca 25 Mkr (moment 5.6.1).
- Försöksanläggning för metanolproduktion (moment 5.7.1).
- Energisnåla hus, vilka bl a skall kunna tjänstgöra som demonstrationsobjekt (avsnitt 5.11).

## 5.2 Fissionsenergi

De FoU-förslag som ligger inom fissionsområdet är resursmässigt långt större än några andra förslag inom programkommitténs område – fissionsområdet står för nära 40 % av den föreslagna totala satsningen.

### 5.2.1 Uranprospektering och -utvinning

Natururanbehovet för de kärnkraftverk som för närvarande är under uppbyggnad i Sverige har genom upphandlingar täckts fram till 1985. Det bedöms inte stöta på några svårigheter att täcka behovet för samtliga nu beslutade elva aggregat under avsevärt längre tid än fram till 1985. Natururanet bedöms dock successivt stiga i pris.

Sverige har mycket stora uranfyndigheter i Ranstad i Västergötland, och den senaste fasen i verksamheten där är under avslutning (se moment 3.3.1). Något förslag om statligt stöd för fortsatt verksamhet i Ranstad finns inte.

Genom Sveriges geologiska undersökning (SGU) bedrivs emellertid uranprospektering även på andra ställen i landet. Man har bl a funnit uranmineraliseringar i Arjeplogområdet. Enligt SGU är det väsentligt att den pågående prospekteringsverksamheten effektiviseras genom bl a FoU avseende malmgenetik och geofysiska uranletningsmetoder. Kunskap om uranfyndigheternas uppkomst är av grundläggande betydelse för framgångsrik prospektering, men i Sverige bedrivs mycket lite forskning inom detta område. Detta är en brist i all synnerhet som de svenska mineraliseringarna inte har direkta motsvarigheter i andra länder, varför utländska resultat är av begränsat intresse för oss. För geologiska och geofysiska arbeten inom uranprospekteringsområdet föreslås sammanlagt 2,75 Mkr/år.

Metoderna för utvinning av uran ur malmen varierar från fyndighet till fyndighet. Det är därför nödvändigt att göra utvinningsundersökningar på malmprover från olika fyndigheter. För arbeten av detta slag föreslås 0,3 Mkr/år.

För FoU avseende uranprospektering och utvinning av uran föreslås alltså sammanlagt 3,05 Mkr/år.

### 5.2.2 Urananrikning

Marknaderna för anrikat uran och urananrikningens teknik har kortfattat beskrivits i kapitlen 2 och 3. I moment 3.3.2 har också den hittillsvarande svenska verksamheten inom anrikningsområdet beskrivits.

I expertmaterialet bedöms att de fortsatta svenska insatserna inom anrikningsområdet bör omfatta följande:

- Fortsatt basteknologiskt arbete rörande centrifugmetoden.
- Uppföljning så långt möjligt av resultaten från de utländska experiment- och prototypanläggningar som tas i drift.
- Kontakter för att utröna möjligheterna att förvärva centrifuganläggningar och centrifugteknik från utlandet.

AB Atomenergi bedömer det vara av stor vikt att det basteknologiska arbete som påbörjades 1972 i huvudsak avslutas under de närmaste åren. Detta motiveras med behovet att snabbt kunna bedöma de demonstrationsanläggningar som kommer i drift i utlandet under 1976. För ett slutförande av det basteknologiska arbetet föreslås ca 4,5 Mkr/år under den närmaste 3–4 årsperioden. Den föreslagna insatsen är alltså av betydande storlek men avgränsad i tiden. Beloppen är också trots sin storlek små i jämförelse med det i moment 3.3.2 redovisade uppskattade inköpspriset för en centrifuganläggning på ca 2 miljarder kronor.

Av moment 3.3.2 framgick att det svenska deltagandet i det internationella informationsutbytet inom anrikningsområdet ger ett förhållandevis begränsat utbyte p g a långtgående sekretessbestämmelser. Enligt expertmaterialet skulle mer information kunna erhållas om bilaterala avtal med bestämmelser om bl a sekretess- och säkerhetsfrågor upprättades på regeringsnivå.

Av intresse är att expertmaterialet pekar på behovet av att en ägargruppering för en eventuell svensk centrifuganläggning definieras under det närmaste året. En sådan gruppering skulle därefter kunna organisera anrikningsproduktionen inom landet.

### 5.2.3 *Plutoniumåterföring*

Stora kvantiteter plutonium kommer efter hand att produceras i de svenska kärnreaktorerna. Detta plutonium är klyvbart och kan alltså återanvändas som reaktorbränsle när det extraherats ur de utbrända bränselelementen. Plutoniumåtervinningen är nära sammanlänkad med de frågor som gäller hanteringen av det högaktiva avfallet från kärnbränslet och som inte behandlas av energiprogramkommittén. Trots detta kan man emellertid peka på ett framtida FoU-behov som gäller speciellt plutoniumåtervinningen. Enligt expertmaterialet bör bl a frågan om det mest ekonomiska sättet att återföra plutonet tas upp med hög prioritet – det finns ett flertal tänkbara men tekniskt skilda alternativ.

För plutoniumåtervinning föreslås ett FoU-stöd av allmänna medel på inledningsvis 1,7 Mkr/år.

### 5.2.4 *Lättvattenreaktorer*

Den största enskilda förslagsposten inom fissionsområdet gäller lättvattenreaktorer. Sammanlagt föreslås här 24,2 Mkr/år.

Den pågående utbyggnadsfasen är kärnkraft i Sverige omfattar elva reaktorer med en sammanlagd installerad effekt av 8 300 MWe. De tio hittills beställda reaktorerna är samtliga av lättvattentyp, tre tryckvattenreaktorer (PWR) och sju kokarreaktorer (BWR). De beställda kokarreaktorerna är samtliga av svensk tillverkning.

Enligt de bedömningar som nu görs på Asea-Atom och AB Atomenergi är det väsentligaste målet för FoU inom lättvattenkokarområdet att i olika avseenden konsolidera redan uppnådda resultat. Framför allt bedöms det angeläget att utveckla långt standardiserade konstruktioner

och förfaringsätt för uppförande och inspektion av reaktorer. En förutsättning för en framgångsrik sådan standardisering är emellertid att konstruktions- och komponentval verkligen är de riktiga. För att förvissa sig om det krävs att man på ett systematiskt sätt tillgodogör sig uppnådda drifterfarenheter. Av intresse i en kokarreaktor är bl a korrosionseffekter på reaktorns olika komponenter av det syrehaltiga högtemperaturvatten som fungerar som kylmedel och moderator.

FoU-insatser för att få ökad insikt om reaktortankens hållfasthet över dess livstid bedöms också som angelägna. Den neutronbestrålning som tanken utsätts för under drift ger upphov till materialförändringar. Sannolikheten för haveri genom fel på tanken bedöms visserligen vara mycket liten, men konsekvenserna av ett sådant haveri kan bli stora. Ett alternativ till ståltankar är reaktortankar av förspänd betong. De vid AB Atomenergi inledda arbetena på betongtryckkärl bör fortsättas.

Det sammanlagda behovet av FoU inom lättvattenreaktorområdet bedöms vara 24,2 Mkr/år. Enligt AB Atomenergi har de svenska satsningarna på reaktorutveckling varit små i jämförelse med motsvarande satsningar i andra länder med egen reaktortillverkning – framför allt gäller detta om man jämför satsningarna av allmänna medel i olika länder. Det har varit av stor betydelse för den svenska reaktorutvecklingen att informationer och erfarenheter från utlandet kunnat utnyttjas. Detta försvåras dock alltmer p g a att den kommersiella sekretessen tilltar.

### 5.2.5 Gaskylda högttemperaturreaktorer och övriga termiska system

Det bedöms enligt expertmaterialet väsentligt att vi i Sverige – vid sidan om den omfattande lättvattenreaktorutvecklingen – också studerar andra reaktorsystem. Främst bland dessa andra system finns då de gaskylda högttemperaturreaktorerna och bridreaktorerna. Beträffande dessa system är det med hänsyn till landets begränsade resurser inte rimligt med en utvecklingsinsats syftande till fullständig systemkompetens – ambitionsnivån måste sättas lägre och anpassas till de resurser som kan frigöras från det nu hårt prioriterade och krävande utvecklingsarbetet på lättvattenreaktorer. Ett minimikrav är – enligt expertmaterialet – att aktivt bevaka den internationella utvecklingen och att förbereda sig för den nya tekniken, så att säkerhetsbedömning, upphandling och drift av aktuella reaktorsystem kan genomföras vid rätt tid. Ett samarbete med utländsk(a) part(er) och successivt ökande egna utvecklingsinsatser är nödvändiga inslag i denna förberedelseprocess.

De gaskylda högttemperaturreaktorerna samt övriga termiska reaktorsystem behandlas i detta avsnitt och bridreaktorerna i följande avsnitt. De gaskylda högttemperaturreaktorernas egenskaper, liksom den nuvarande svenska verksamheten inom området, har beskrivits i moment 3.3.5. Den nuvarande svenska verksamheten ligger på en relativt låg nivå och innefattar uppföljande studier samt medverkan i OECD:s Dragonprojekt. De uppföljande studierna innefattar till stor del litteraturuppföljning men också viss experimentell verksamhet vid AB Atomenergi.

Förutsättningarna för introduktion av gaskylda högttemperaturreakto-

rer i Sverige är f n oklara och i expertmaterialet föreslås därför en insats av 3,5 Mkr/år under de närmaste två åren för att reaktortypens potential skall kunna bedömas. Den föreslagna verksamheten sker dels i Sverige och dels genom fortsatt medverkan i Dragonprojektet.

Efter de två första årens arbete är olika alternativ tänkbara beroende på de bedömningar som då kan göras. I expertmaterialet har speciellt räknats på två alternativ. Förutsättningen för det första alternativet är att en HTR för elgenerering beställes i början av 1980-talet för idrifttagning fram emot 1990. I detta fall skulle den erforderliga insatsen bli 10–15 manår/år. Förutsättningen för det andra alternativet är att en beställning av HTR sker först mot slutet av 1980-talet eller i början av 1990-talet. I detta fall skulle den erforderliga FoU-insatsen bli ca 5 manår/år.

Det finns utöver de redan behandlade lättvattenreaktorerna och de i detta avsnitt behandlade gaskylda högttemperaturreaktorerna ytterligare varianter av termiska reaktorer. Bland dessa kan nämnas den kanadensiska tungvattenreaktorn, de s k lättvattenbridrarna samt tryckvattenreaktorer för fartygsdrift. Beträffande dessa olika reaktorsystem menar man dock att det inte finns motiv för annat än mycket begränsade uppföljningsinsatser. Sådana insatser bör kunna rymmas inom en ram på ca 0,2 Mkr/år.

Sammanlagt blir alltså den föreslagna satsningen på gaskylda högttemperaturreaktorer och övriga termiska system (exklusive lättvattenreaktorerna) 3,7 Mkr/år under de närmaste två åren. Därefter blir insatsen beroende av vilka bedömningar man kommer fram till beträffande högttemperaturreaktorernas förutsättningar i Sverige.

### 5.2.6 Snabba bridreaktorer

Bridreaktors egenskaper och den pågående internationella utvecklingen inom området har beskrivits i moment 3.3.6 liksom hittillsvarande svenska insatser.

Beträffande snabba bridreaktorer föreslås på samma sätt som beträffande de gaskylda högttemperaturreaktorerna att en relativt kraftig satsning görs under de närmaste åren för att tekniken skall kunna bedömas bättre. Denna inledande satsning förutsätts pågå under en treårsperiod och kräva FoU-anslag på ca 4,7 Mkr/år för att en rimlig framtida handlingsfrihet skall kunna skapas. Bl a skall referensprojektstudier – dvs studier av de bridreaktorsystem som nu successivt byggs upp i utlandet – ingå. Visst eget arbete bl a beträffande bränslecykelfrågorna för snabba reaktorer skall också bedrivas. Enligt bedömningen krävs också under perioden betydande insatser för att ge kraftföretag och reaktorindustri samt tillsynsmyndigheter underlag för framtida ställningstaganden på snabbreaktorområdet.

Efter denna inledande period är olika alternativ tänkbara beroende på vilka bedömningar de inledande arbetena leder fram till. De alternativ som redovisats är följande:

1. Snabba bridreaktorer av natriumtyp installeras kommersiellt i Sverige i början av 1990-talet med understöd av en relativt bred kompetens hos

berörda parter bland kraftföretag och industri inom landet.

2. Installation av brydreaktorer i Sverige inträffar senare under 1990-talet och den svenska industrimedverkan är begränsad till leverans av huvudsakligen konventionella anläggningsdelar.
3. Ingen installation av brydreaktorer sker inom överskådlig tid i Sverige.

Alternativ 1 är som synes det mest långtgående. Behovet av FoU-insats som finansieras med allmänna medel bedöms för detta alternativ uppgå till minst 50 manår/år för åren närmast efter 1977. För alternativ 2 och 3 ges inga bedömningar av resursbehovet i expertmaterialet.

## 5.3 Konventionell elproduktion

### 5.3.1 Vattenkraft

Vattenkraften är från energipolitisk synpunkt av speciellt intresse genom att den är inhemsk och därför tillgänglig även i avspärrningslägen. Dess omvandling ger också upphov till högvärdig energi i form av mekaniskt arbete och elektrisk energi. Vattenkraften anses vidare genom sin reglerbarhet vara ett bra komplement till kärnkraft.

Sveriges totala vattenkrafttillgång beräknas, med utgångspunkt från uppgifter om den totala nederbörden över landet samt de fallhöjder som den rådande topografin ger, uppgå till ca 200 TWh/år. Den redan utbyggda vattenkraften plus pågående och beslutade utbyggnader uppgår till 60 TWh/år. Frågan om hur mycket mera som från produktions-ekonomisk synpunkt är utbyggnadsvärdt är svårbedömd, men statens vattenfallsverk uppskattar att om man jämför med dagens kostnader för att producera el ur kärnkraft så skulle en ytterligare utbyggnad av 30 TWh/år kunna motiveras. Jämför man i stället med el från oljekraftverk så skulle betydligt mer vara utbyggnadsvärdt. Det finns alltså från produktionsekonomisk synpunkt en betydande potential för fortsatt vattenkraftutbyggnad. Hur mycket som bör byggas ut i framtiden måste naturligtvis bedömas också med hänsyn till den möjliga energiprisutvecklingen och miljöeffekterna.

I den mån det sker en fortsatt vattenkraftutbyggnad så kan detta dock i allt väsentligt ske utan ytterligare FoU eftersom tekniken för vattenkraftens utnyttjande sedan länge är väl känd. Vissa typer av insatser bedöms ändå vara av intresse. Ett projekt innebär att man utvecklar små, standardiserade kraftstationer, som kan placeras på ställen där numera nedlagda kvarnar, sågverk m m tidigare funnits. Även andra outbyggda vattenkrafttillgångar i mindre vattendrag kan tas till vara på detta sätt. Den sammanlagda energimängd som kan tas fram på detta sätt bedöms dock inte vara stor. Ett annat föreslaget FoU-projekt syftar till fullständigare tillvaratagande av energiinnehållet i redan utbyggda älvar. För en bedömning av möjligheterna till framtida kraftutbyggnad är det givetvis också av intresse att så noggrant som möjligt kartlägga de miljömässiga effekterna av redan utförda utbyggnader. FoU med denna inriktning föreslås därför.

Sammanlagt redovisas i expertmaterialet behov av ett statligt stöd på 0,6 Mkr/år för FoU inom vattenkraftområdet.

### 5.3.2 Värmekraftverk och turbiner

Inom detta område, som är begränsat till konventionell teknik för förbränning av fossila bränslen, föreslås i expertmaterialet inget statligt FoU-stöd. Allt tänkbart arbete av intresse anses vara industriell produktutveckling och sålunda utanför energiprogramkommitténs intresseområde.

### 5.3.3 MHD-generatorer

MHD-tekniken och den internationella forskningen inom området har beskrivits i moment 3.3.9. MHD-generatorn har sitt främsta användningsområde för topp- och mellanlastproduktion (drifftider upp till ca 2 000 timmar per år) i konkurrens med olje- och koleldade kraftverk. Däremot anses den ej kunna konkurrera med kärnkraftverk som bottenlastverk.

Beträffande behovet av FoU i Sverige framgår av expertmaterialet att intresse för en statlig satsning uttryckts från flera håll. Från industriellt håll (Asea) har betonats att en statlig satsning är angelägen beträffande grundläggande forskning som syftar till att finna billiga högtemperaturbeständiga material samt en tillräckligt billig supraledande magnet. Statens vattenfallsverk har också visat intresse för MHD-kraftverk, och man anser att om kärnkraftens utbyggnad i Sverige skulle försvåras bör MHD-arbetet få hög prioritet, eftersom det skulle ge möjlighet till ett effektivt utnyttjande av kol som bränsle i kraftverk.

AB Atomenergi har i ett särskilt yttrande till programkommittén beskrivit ett projekt som har till mål att inom en femårsperiod skapa underlag för beslut beträffande ett MHD-prototypkraftverk för toppkraftproduktion i storleken 50–200 MWe. Arbetet skall om möjligt bedrivas i nordiskt samarbete. Arbetet skall även omfatta en fördjupning och utvidgning av redan goda svenska internationella kontakter inom MHD-området.

Projektet skall drivas på ett sådant sätt att underlag för beslut om prototyp finns framtaget 1978. Därefter vidtar mera kostsamma prototyputvecklingsarbeten med sikte på idrifttagning av en prototyp i mitten av 1980-talet.

I expertmaterialet förordas genomförande av det beskrivna projektet. Medelsbehovet fram till prototyparbetets början beräknas till totalt 5 à 6 Mkr. Under det första året 1975/76 skulle krävas 0,6 Mkr och därefter 1,2 Mkr/år under fyra budgetår.

### 5.3.4 Pumpkraftverk och luftmagasinkraftverk

Inget statligt FoU-stöd avseende pumpkraftverk och luftmagasinkraftverk föreslås i expertmaterialet.

### 5.3.5 Eldistribution

En del av de problem som är förenade med effektiv överföring av elektrisk energi har behandlats i moment 3.3.11.

Den väsentliga FoU-insatsen i Sverige avseende elektrisk kraftöverföring görs och kommer säkert att göras inom industrin. I expertmaterialet pekas dock på vissa insatser som bör stödjas med allmänna medel.

Det anses sålunda angeläget att försöka utveckla ett alternativ till gasen svavelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) som används som isoleringsmaterial i vissa ställverk med spänningar över 500 kV.  $\text{SF}_6$  är förhållandevis dyr och syftet skulle vara att få fram en billigare ersättningsgas. Forskningsprojektet är av grundläggande karaktär och bör utföras vid universitet och högskolor. Även i övrigt bör vissa isoleringsproblem – t ex avseende kablar – studeras. I expertmaterialet pekas vidare på systemanalys och optimering av elektriska distributionsnät som ett angeläget område för FoU.

Den erforderliga insatsen av allmänna medel för FoU avseende elektrisk kraftöverföring bedöms inledningsvis uppgå till 1,1 Mkr/år.

## 5.4 Distribution och ackumulering av värme

Det finns ingen annan åtgärd som leder till tillnärmelsevis så stor höjning av energiproduktionssystemets verkningsgrad som tillvaratagande av spillvärmets från den värmebaserade elkraftproduktionen. Med på sikt eventuellt stigande primärenergipriser – eller knapphet på primärenergi – blir det av allt större intresse att effektivt utnyttja primärenergien. Det är därför av stor betydelse att utveckla bättre metoder för att tillvarata elproduktionens spillvärme.

För att spillvärmets skall kunna utnyttjas krävs värmedistribution från kraftverken till avnämarna, dvs framför allt till tätorter i vilka värmets kan utnyttjas för lokaluppvärmning. Om kärnkraften når en utbyggnad som är så stor att den kombinerade effekten från kärnkraft och oregerad vattenkraft är större än efterfrågan nattetid, kan det bli av intresse att ackumulera "överskottsvärme" nattetid för att öka elproduktionen dagtid. Även direkt ackumulering av elvärme i form av varmvatten i hushållen blir härvid av intresse.

Det viktigaste utvecklingsmålet inom fjärrvärmeområdet är enligt expertmaterialet just att möjliggöra kärnkraftvärmeverk. Kostnadsbesparingar anses vara möjliga om man utvecklar ledningar av okonventionella material såsom plast och betong eller om man transporterar vattnet i bergtunnlar. Med tanke på den pågående snabba utbyggnaden av kärnkraften bedöms det angeläget att problemen behandlas skyndsamt. Även när det gäller fjärrvärmeledningar från konventionella värmekraftverk, som även de kan ligga på betydande avstånd från tätorter, finns möjligheter att genom FoU uppnå bättre ekonomi. En intressant utvecklingsriktning är användning av korrosionsbeständiga material för ledningarna. Med sådana material kan ledningarna läggas på plats utan



särskilt fuktskydd och man får alltså lägre byggnadskostnader. Expertmaterialet pekar också på behovet av FoU avseende plastledningar för sista ledet i distributionen till husen, samt avseende möjligheterna att inlemma även tappvarmvattnet i värmesystemet. Det framhålls vidare i expertmaterialet att tekniken för mätning av värmekonsumtion i individuella hushåll släpar efter, vilket motiverar en FoU-insats eftersom individuell mätning erfarenhetsmässigt ger en lägre (20 %) förbrukning. Expertmaterialet pekar också på möjligheten att utföra FoU avseende värmeackumulering, t ex lagring av hetvatten i berggrum.

Behovet av allmänna medel för FoU inom området värmedistribution och värmeackumulering uppskattas till ca 3 Mkr/år under åtminstone 3 år.

## 5.5 Distribution och ackumulering av gas

Gas har hittills spelat en liten roll i Sveriges energiförsörjning och har i huvudsak förekommit i form av stadsgas i ett antal större städer.

Principiellt finns möjligheter till en långt mer omfattande gaskonsumtion än den nuvarande svenska – t ex för elkraftproduktion, för uppvärmningssyften inom industrin, för reduktion av järnmalm osv. Flera länder har också under senare år snabbt ökat sin konsumtion – då i form av naturgas. Även i Sverige finns ett intresse för naturgas. Olika utredningar har gjorts för att förbereda import av naturgas till Sverige i rör eller i form av flytande naturgas (LNG) med fartyg. Försörjningspolitiskt innebär en introduktion av naturgas i Sverige bl a en ökad riskspridning av bränsleimporten.

I utlandet finns etablerad teknik för distribution och användning av naturgas. Vad som kommer att erfordras i samband med eventuellt ökad gasanvändning i Sverige är i första hand utbildning för att man skall kunna tillgodogöra sig den teknik som finns utvecklad och i användning utomlands. Vissa FoU-projekt borde dock kunna genomföras i Sverige. Hit hör enligt expertmaterialet problemet att lagra naturgas i berggrum.

En introduktion av naturgas i Sverige är intressant också från systemsynpunkt, vilket innebär ytterligare FoU-behov. Det bedöms t ex tänkbart att ett naturgasnät så småningom – i händelse av avspärrning eller om naturgasen så småningom blir knappare – kan utnyttjas för syntetisk gas av det slag som beskrivs i avsnitt 5.6. Om så är fallet ökar också intresset för dessa senare gasformer. Det bör vidare nämnas att naturgasen är användbar som drivmedel inom transportsektorn, vilket kan vara av intresse i vissa försörjningslägen. Sammanfattningsvis finns det alltså ett antal FoU-problem som har med naturgasmarknader, systemfrågor och konverteringsmöjligheter att göra och som borde bearbetas.

Sammanlagt anses FoU på 1,95 Mkr/år av allmänna medel erforderlig inom gasområdet.

## 5.6 Organiska bränslen

### 5.6.1 Konvertering och/eller förbränning av fasta bränslen

Möjligheterna att för energiändamål använda fasta bränslen har under senare tid tilldragit sig starkt ökat intresse. Bakgrunden till detta är inte bara att vissa fasta bränslen – t ex kol, torv och skiffrar – finns i mycket stora kvantiteter på olika håll i världen och alltså är energipolitiskt intressanta. Det finns också ett miljöpolitiskt intresse av att destruera ökande kvantiteter av organiska avfall av skilda slag, vilket kan ske på sätt som också innebär energiutvinning.

Tekniken för utnyttjande av fasta bränslen har beskrivits i moment 3.3.14. Det framgick där att denna teknik – även om den på väsentliga punkter varierar från bränsle till bränsle – också har vissa för olika bränslen gemensamma grunddrag. Bränslet kan utnyttjas antingen genom direkt förbränning eller efter omvandling till gasformiga eller flytande bränslen. Sådan omvandling sker ofta i steg på ett sådant sätt att man först genom partiell förbränning tar fram syntesgas, vilken består av koloxid och väte. Syntesgasen kan därefter – om man inte önskar bränna den direkt – i sin tur omvandlas till t ex metan, metanol, syntetisk bensin, osv. Avgörande för val av utnyttjandeform är syfte och kostnader. Att gaskylta högttemperaturreaktorer kan användas för konvertering av fasta bränslen har framgått av moment 3.3.5.

Av speciellt intresse i sammanhanget är möjligheten att omvandla olika fasta bränslen till metanol. Metanolen har i princip vidsträckt användningsområden, bl a är den ett utmärkt drivmedel inom transportsektorn. Eftersom drivmedelsmarknaden är en speciellt utsatt del av energiförsörjningen (se moment 2.2.1) har framställning av metanol ur fasta bränslen bl a en väsentlig beredskapsaspekt.

Från svensk FoU-synpunkt är det av intresse att omvandlingen av fasta bränslen sker i två steg. Utformningen av det första steget, omvandling till syntesgas, är beroende av egenskaperna hos det fasta bränslet. För detta steg finns därför enligt expertmaterialet ett speciellt behov av svenska FoU-insatser som är anpassade till våra bränslen. Detsamma gäller teknik för direktförbränning av fasta bränslen. När det gäller det andra steget, den fortsatta omvandlingen av syntesgasen, görs mycket stora internationella insatser och här finns alltså en möjlighet att importera resultaten från utländsk FoU.

I det följande redovisas bedömda FoU-behov för olika bränsleslag i tur och ordning.

#### *Kol*

Den svenska kolimporten är nu 2,5 Mton/år (19 TWh/år). Enligt expertmaterialet vore det ett rimligt utvecklingsmål att kunna nyttiggöra 10 Mton importerade stenkol per år under perioden 1985–1990 som ett alternativ till motsvarande oljeimport. Den svenska energiapparaten är emellertid inte anpassad för att ta emot väsentligt större kolkvantiteter

än för närvarande, vare sig för husuppvärmning eller för elproduktion. Endast tre kraftverk i Sverige är byggda för kolförbränning. Den närmast till hands liggande möjligheten att utnyttja kol i Sverige är att i tillsatspannor konvertera kolet till gas och bränna gasen i konventionella kraftverk. En sådan ombyggnad av ett kraftverk uppges kosta ca 15 % utöver den ursprungliga investeringen i oljeeldningssystemet.

Det finns även andra metoder för produktion av elenergi ur kol. Förgasning och förbränning av kol under tryck för användning i en kombinerad gasturbin-ångturbincykel är en intressant sådan möjlighet. Av moment 5.3.3 framgick att kol också kan förbrännas i MHD-generatorer. Kolet kan vidare, liksom andra fasta bränslen, omvandlas till flytande bränslen som metanol. Generellt gäller att det bedrivs ett intensivt forsknings- och utvecklingsarbete avseende kolets användningsmöjligheter.

Trots att kolet är en så intressant energiråvara är behovet av svensk FoU inom området relativt måttligt enligt expertmaterialet. Det bedöms till stor del vara möjligt att importera resultat av utländsk FoU. Det betonas dock att en viss svensk insats är angelägen för att utveckla en egen kompetens på området som gör framgångsrik upphandling av teknik möjlig. Dessutom finns det en inhemsk kompetens när det gäller fluidiserad bädd (virvelbädd) och andra förbränningsformer, och detta motiverar också enligt expertmaterialet en FoU-insats. Denna insats bör emellertid koncentreras till några få projekt som kompletterar utländsk teknik eller anpassar den till svenska förhållanden. En sådan insats bedöms också tillräcklig för att utnyttja höganäskolet – i den mån det över huvud visar sig utvinningsvärt.

Programmet för FoU bör enligt expertmaterialet omfatta dels ett utvecklingsarbete på förbränning av kol i trycksatt bädd, dels produktion av metanol från importerat kol. En rimlig insats över en tioårsperiod bedöms vara ca 40 Mkr, stegrad från en initialinsats av ca 1 Mkr/år upp mot 6 à 7 Mkr/år mot periodens slut, när kommersiella anläggningar börjar tas i bruk.

### *Skiffrar*

Världens tillgångar på oljeförande skiffer är mycket stora och de representerar den kanske potentiellt största energikällan efter kol- och oljeförekomsterna. Ett stort utvecklingsarbete bedrivs nu i USA och Kanada för nyttiggörande av oljeskiffer. Projekterade anläggningar har en kapacitet på 25 Mton skiffer/år och torde komma att leverera olja till för närvarande konkurrenskraftiga priser.

I Sverige finns avsevärda skifferförekomster. Södra Sveriges alunskiffrar är ganska väl undersökta. Halten organiskt kol ligger vid 10–15 % och mängden avdestillerbara kolväten i bästa fall vid 5–6 %. Svavelhalten uppgår till 5–8 % och är alltså mycket hög. Totala förrådet räknat som oljeinnehåll ligger mellan 250 och 450 Mton olja (3 000–5 500 TWh<sub>t</sub>). Den rikaste skiffern finns i Närkes Kvarntorp, men den är ändå endast hälften så rik som goda amerikanska skiffrar. Det finns också före-

komster av grafitskiffer i Vittangiområdet, men den geologiska kännedomen om förekomsterna är ännu bristfällig. Provundersökningar har visat att askinnehållet är stort men att förgasning i flytande bädd är möjlig.

Den svenska skiffern innehåller också betydande mängder uran. En eventuell utvinning av uran i Ranstad kan ge 5–6 Mton skifferlakrester per år, som utgör ett miljöproblem. Förgasning eller förbränning av lakresterna skulle enligt expertmaterialet lösa detta problem och dessutom ge ett tillskott på ca 1 Mtoe/år (12 TWh<sub>t</sub>/år) till energiförsörjningen.

Enligt den bedömning som görs i expertmaterialet är det inte ekonomiskt motiverat att driva en inhemsk processutveckling som syftar till att enbart ta till vara kolväteinnehållet i de svenska skifferarna. Det väsentliga skälet för denna bedömning är skifferarnas låga kolhalt och höga svavelhalt. Det är dock enligt expertmaterialet inte otänkbart att utländsk och svensk utveckling av olika metoder för pyrolys, förvätskning eller förgasning av andra energiråvaror med tiden kan utvecklas så att de blir intressanta även för tillvaratagandet av svensk skiffer. Utnyttjandet av lakrester efter uranutvinning ur skiffer, framför allt i Ranstad, bedöms vara intressantare från FoU-synpunkt.

Sammanfattningsvis sägs i expertmaterialet att två projekt med anknytning till de svenska siffrorna syns motiverade, dels ett avseende energitvinning ur lakrester från Ranstad och dels en förberedande geologisk studie av grafitskifferarna i Vittangi. Totalramen för dessa två projekt kan beräknas bli ca 3 Mkr/år under en första treårsperiod, investeringskostnader i försöksanläggningar oräknade. Därefter torde tillräckligt underlag föreligga för ett beslut om vidareutveckling i större anläggningar.

## Torv

Torv används som bränsle i flera länder och torveldade kraftverk förekommer i Sovjetunionen, Finland och Irland. Från svensk synpunkt är torvtäkt av betydande intresse, eftersom det inhemska torvförrådet är mycket stort och utvecklingsarbete kan tänkas göra kostnaderna acceptabla. Dessutom är torv en miljövänlig bränsleråvara med låg svavelhalt.

Torvmossarna täcker omkring 15 % av Sveriges yta. I södra Sverige motsvarar brännortsvärdet 700 Mtoe (8 000 TWh<sub>t</sub>) och i övriga landet inte mindre än 4 000 Mtoe. Man kan grovt räknat säga att per procent mosstäktareal som engageras för torvtäkt kan produceras en energimängd motsvarande 2 Mtoe/år under lägst en 20-årsperiod. Annorlunda uttryckt innebär detta att en kvadratisk yta med en sida på drygt 50 km (4 % av torvtäktarealen) ger en årlig energimängd motsvarande 100 TWh<sub>t</sub>.

Ett väsentligt problem vid torvutnyttjande är torvens höga fukthalt. Torvmossarna håller en fukthalt över 90 %, medan torven inte kan brännas om den innehåller mer än 50 %. Den hittills praktiserade metoden med lufttorkning är billig såtillvida att energin för torkningen är gratis, men å andra sidan blir utvinningen säsongbetonad med produktion

under endast en tredjedel av året. Torvproduktionen ger därmed en ojämn sysselsättning av både arbete och kapital.

En väsentlig uppgift är därför att få fram bättre torkmetoder för torv, t ex genom utnyttjande av spillvärme. En möjlighet som nu är föremål för studier är att utnyttja spillvärme från kärnkraftverk för torkning av torv. Torven avvattnas genom pressning till 75 % vattenhalt och används därefter som kylmedel i kyltorn vid kraftverken. Ett kärnkraftverk på 1 000 MWe skulle kunna medge torkning av ca 5 Mton torv/år räknat som torrsubstans. Torv kan också torkas genom sk våtkolning, vilket innebär att den upphettas under tryck till 200° C. Torven ändrar då struktur och ger lätt ifrån sig vattnet.

Torvtäkt innebär också betydande miljöproblem, framför allt eftersom torvmossarna spelar en väsentlig roll i den hydrologiska balansen. Ett torvutvinningsprogram kan därför inte ges alltför stor omfattning och måste kombineras med studier av miljöeffekterna.

Det FoU-program som skisseras i expertmaterialet innefattar utveckling av metoder och maskiner för framgrävning av torv, torkmetoder som kan användas året runt, metoder för eventuell förgasning och förvätskning av torven samt studier avseende torvtäktens miljöeffekter. FoU-programmet bör bygga på samarbete med andra länder med erfarenheter av torv, t ex Finland och Irland. Det totala FoU-programmets omfattning för den närmaste tio-årsperioden är svår att uppskatta men torde ligga inom området 10 à 20 Mkr, vartill kommer investeringsbidrag för uppförande av försöksanläggningar. En initialinsats på utredning, förstudier och grundläggande forskning bör ha omfattningen av 1 Mkr första året, 1,5 Mkr andra och 2 Mkr tredje året.

### *Ved och hyggesavfall*

Ved och hyggesavfall är inte under normala betingelser ett attraktivt bränsle, eftersom skogsprodukterna har ett långt högre värde som fiberråvara. Under avspärningsförhållanden kan dock skogen ge ett väsentligt tillskott till energiförsörjningen. Det är då enligt expertmaterialet naturligt att konvertera åtminstone en del av veden till metanol. Om man bygger upp en inhemsk produktion av flytande bränslen från importerade kol bör således den inhemska vedråvaran vid behov kunna sättas in i stället för importkol. Ett mål är därvid att utveckla en process för produktion av syntesgas för metanoltillverkning från inhemsk vedråvara i anslutning till en kolbaserad anläggning.

Behovet av forskning och utveckling för detta projekt är relativt blygsamt och kan uppskattas till ca 0,5 Mkr/år under en treårsperiod. Därtill kommer emellertid avsevärda medel för uppförande av försöksanläggningar omfattande förugn, förbränningsugn för flis och gasgenerator.

### Jordbruksavfall

Inom jordbruket produceras relativt stora mängder bränsleråvara i form av halm och gödsel. I det svenska jordbruket motsvarar detta avfall 5 Mtoe/år (60 TWh<sub>t</sub>). En energianvändning av detta avfall är möjlig, men inte problemfri. Ett problem med gödseln är den höga fukthalten. Det går dock att producera mellanvärdegas innehållande ca 50 % metan genom rötning av gödsel i rötkammare. För tillräckligt stora kreatursbesättningar kan sådan gas eventuellt ge lokalt konkurrenskraftig energi. Jordbruksavfallet har emellertid också stor betydelse som jordförbättringsmedel. En återföring av halm och gödsel till marken sker i betydande omfattning inom jordbruket.

Målet för FoU avseende jordbruksavfall bör med hänsyn till det sagda inte sättas högre än en studie som belyser önskvärdheten av en återföring av jordbruksavfallet i jordförbättrande syfte alternativt produktion av energi för lokal användning. Ett sådant projekt beräknas kosta 0,1 Mkr under ett år. Först när resultatet av en sådan studie föreligger kan man ta ställning till ett vidare program för jordbruksavfallets utnyttjande för energiproduktion.

### Hushållsavfall

Hushållsavfallet är i första hand ett miljöproblem, men en lösning av problemet kan förenas med energiproduktion. En statlig utredning har nyligen uppskattat möjligheten att utvinna energi ur hushållsavfall till ca 1 % av nuvarande energiförbrukning i Sverige. (Avfall som energikälla, Jordbruksdepartementet Stencil Ds Jo 1974:5).

Det är dyrbart att destruera avfall och reducera dess volym genom direkt förbränning. Även om man tar tillvara förbränningsvärmets, vilket nu i allmänhet inte sker, så blir kostnaderna höga. Det finns emellertid också metoder att konvertera avfallet till gasformiga och flytande bränslen, vilka anses mer lovande än direkt förbränning. Ett stort antal processer för sådan konvertering är under utveckling i USA och även i Sverige.

Enligt expertmaterialet är det angeläget att goda metoder för behandling av det fasta hushållsavfallet utarbetas snarast, även utan hänsyn till energiförsörjningen. Prov med praktisk drift i större skala av utarbetade processer bör snarast komma till stånd. Med hänsyn till de relativt små energimängder som kan utvinnas bedöms det emellertid rimligt att en väsentlig del av FoU-kostnaderna skrivs på miljövårdens konto. Verksamheten bör drivas som ett sammanhängande program eller storprojekt vari energiåtervinningen ingår som ett delprojekt. En första treårsperiod bör inrymma uppbyggnad av en försöksstation jämte teknisk grundforskning över hela fältet från teknik för insamling och transport av avfall till studier av förgasning.

Medelsbehovet för ett program för nyttiggörande av hushållsavfall blir stort eftersom stora försöksanläggningar måste uppföras. En enda stor förbränningsstation ligger i prisklassen 25 Mkr med driftkostnader på ca

10 Mkr/år. Forsknings- och utvecklingsarbete med stöd av allmänna medel torde därutöver behöva bedrivas till en omfattning motsvarande ca 1 Mkr/år under de närmaste tio åren.

### 5.6.2 *Energiödlingar*

Ved som bränsle är attraktivt framför allt därför att energiråvaran finns inom landet och därför att den är förnyelsebar. Samtidigt har emellertid ved ett mycket högre värde som fiberråvara för skogs- och cellulosa-industrin än som bränsleråvara. Det är därför rationellt att i första hand använda veden i våra skogar som fiberråvara. Det finns emellertid också växter av skilda slag, t ex vissa buskar, som är användbara som bränsleråvara men inte som fiberråvara. Möjlighet att odla sådana växter för bränsleproduktion föreligger sålunda. Man talar om energiödlingar, energiskog och energiplantage.

Från Skogshögskolan har framförts ett förslag om minirotations-skogsbruk som ett sätt att utnyttja sumpmarker etc för snabbväxande träd. Landet förfogar över 800 000 ha mark av detta slag som inte utnyttjas för skogsbruk. Minirotations-skogsbruk på dessa marker skulle år 2000 kunna avkasta 7,5 Mton råflis/år, vilket motsvarar mer än 1 Mtoe olja (12 TWh<sub>t</sub>). Redan utnyttjade torvmossor borde också enligt expertmaterialet kunna användas för mark- och vattenburen energiödling utan att detta behöver inkräkta på skogsindustrins intressen.

Med hänsyn till den potential som finns i energiödlingar är det enligt expertmaterialet rimligt att FoU-medel satsas. Verksamheten skall inte bara avse skogsodling utan också t ex försök med algodling. En initialinsats på 0,5 Mkr/år som under en femårsperiod stegras till 1 Mkr/år anses motiverad.

### 5.6.3 *Nyttiggörande av solstrålning via biosystem*

Solenergi kan i princip utnyttjas på flera skilda sätt – ett är att konvertera den direkt till kemisk energi. Möjligheterna att systematiskt utnyttja biologiska system för bränsleproduktion studeras nu på flera håll i världen – de biologiska systemen har ju genom fotosyntesen förmåga att omvandla solenergi till kemisk energi. Vissa förslag till processer har framlagts. Som exempel kan nämnas fotolys av vatten till väte och syre samt biokonversion till vissa högvärda bränslen som metan, alkohol och dekan. Förslag har också framlagts till integrering av sådana processer i ett solenergimatat system för produktion av syntesgas (CO + H<sub>2</sub>) ur organiskt avfall.

Det finns inom detta grundforskningsbetonade område svenska forskargrupper med hög kompetens. Det bedöms i expertmaterialet rimligt att dessa grupper engageras i ett antal projekt som syftar till att klargöra möjligheten av vissa processer (feasibility studies). FoU-insatserna skall enligt förslaget huvudsakligen utföras under den närmaste treårsperioden till en total kostnad av ca 3,5 Mkr, dvs 1,2 Mkr/år. Det bedöms sannolikt att statligt stöd erfordras för hela kostnaden.

## 5.7 Nya energisystem

### 5.7.1 Tekniska systemstudier

På längre sikt kan introduktion av ny energiteknik i vissa fall leda till väsentliga förändringar i hela energiförsörjningssystemet. Introduktionen av kärnkraft är ett pågående exempel på detta. I framtiden är det tänkbart att förbättrad teknik att framställa, förvara och utnyttja t ex väte eller metanol på samma sätt kan få djupgående följdverkningar.

Att följdverkningarna kan bli djupgående sammanhänger bl a med att bränslen som metanol och väte kan utnyttjas i s k dispersa energisystem (se även moment 3.3.16). Dessa karakteriseras av att den tunga delen av energitransporten sker med gasformiga eller flytande energibärare varefter konverteringen till elektrisk energi sker nära konsumenten i t ex bränslecellkraftverk. En extrem form härvidlag är att varje fastighet är försedd med sitt eget elektricitetsverk, varvid förlustvärmets utnyttjas för fastighetsuppvärmningen. Dispersa energisystem ger fördelar i fråga om miljövänlighet, låga distributionskostnader och möjligheter att nyttiggöra förlustvärmets i förekommande fall. Dispersa system kan utvecklas inom ett etablerat system med stora centrala kraftverk.

Allmänt gäller att en relativt storskalig användning av metanol för energiändamål sannolikt ligger närmare än väteanvändningen. Metanol kan framställas ur naturgas eller ur fasta bränslen på sätt som beskrivits i moment 5.6.1. På ett globalt plan kommer sannolikt allt större mängder naturgas att oxideras till metanol för fartygstransport på interkontinentala rutter — syftet med omvandlingen till metanol är alltså transportekonomiskt. Om så sker uppstår kanske i Sverige en möjlighet att komplettera metanol från naturgas under normala betingelser med metanol från egna konverterade fasta bränslen under avspärrningstider. Ett projekt som i första hand tar upp möjligheterna att använda metanol i den svenska energiförsörjningen bedöms därför angeläget i expertmaterialet. FoU-arbetet skulle involvera såväl ekonomiska studier av metanol-ekonomin som tekniska studier av metanolens användningsmöjligheter.

Den s k väteekonomin diskuteras en hel del för närvarande. I en spekulativ och renodlad utföringsform användes kärnkraftvärme för att med hjälp av katalys klyva vatten i sina beståndsdelar väte och syre. Väte tjänar som universalbränsle och transporteras i rörledningar eller i flytande form till förbrukarna. Storförbrukare som bränslecellkraftverk och processindustri förses också med syre från vattenklyvningen vilket distribueras på samma sätt som vätet. Väte kan även produceras på andra vägar, t ex genom elektrolys av vatten.

Förespråkare för väteekonomi betonar de låga distributionskostnaderna jämfört med distribution av elektrisk energi, miljövänligheten och oberoendet av fossila bränslen. Miljövänligheten beror bl a på att den dominerande restprodukten från väteförbränning är rent vatten. Några FoU-förslag avseende väte framläggs inte i expertmaterialet.

Den föreslagna FoU-verksamheten avseende metanol bedöms kräva ett anslag ur allmänna medel på 2 Mkr/år under åtminstone tio år.



### 5.7.2 Strömkällor i nya energisystem

I moment 3.3.16 har redogjorts för utländsk och svensk verksamhet inom bränslecellområdet.

Enligt expertmaterialet bör utländska projekt med bränslecellkraftverk, särskilt Pratt & Whitney Aircrafts projekt, följas. Förutsättningarna för en introduktion av denna teknik i Sverige bör värderas mot den specifika svenska försörjningsbakgrunden. Inom bränslecellområdet bör teknisk grundforskning bedrivas avseende såväl lämpliga elektrodmaterial som alternativa systemkoncept vilka kan anpassas till inhemska bränslen. Ett sådant arbete skulle också ge underlag för bedömning av alternativa framtida energisystem med inslag av gas- alternativt metanolekonomi.

Behovet av allmänna medel för FoU inom bränslecellområdet bedöms vara ca 1,0 Mkr/år för åtminstone en tioårsperiod.

## 5.8 Övriga energislag

### 5.8.1 Fusionsenergi

Utnyttjande av termonukleära fusionsprocesser för kommersiell produktion av energi ligger enligt alla bedömningar bortom år 2000. Fusionsforskningen är mer långsiktig än någon annan FoU-verksamhet som behandlas av programkommittén. Eftersom ett eventuellt praktiskt utnyttjande av fusionsenergin ligger långt in i framtiden är det omöjligt att i dag säga något om kostnaderna för sådan energi. Primärenergireserven i sammanhanget – dvs tyngre väteisotoper – är praktiskt taget outtömlig. Om man lyckas lösa alla de problem som är förknippade med fusionsenergin så har man fått en "evig" energikälla.

Den nuvarande utvecklingen inom fusionsforskningen samt den svenska verksamheten inom området har beskrivits i moment 3.3.17. Det framgick där att den nuvarande totala svenska satsningen uppgår till 2,1 Mkr/år och att huvuddelen av detta, ca 1,6 Mkr/år, ligger på verksamheten vid KTH. Denna verksamhet gäller väsentligen plasmainslutningsproblemet.

Enligt expertmaterialet är det angeläget att även fortsättningsvis stödja den plasmafysikaliska fusionsforskningen i Sverige – motiveringen är bl a att den bedrivs av kvalificerade forskare och också att den till stor del avser en plasmainslutningsmetod som inte utvecklas på annat håll i världen. Det är en allmän bedömning att ingen lovande variant bör uteslutas i den pågående utvecklingen. En fusionsforskning på hög nivå inom landet bedöms också nödvändig för att vi skall kunna få tillgång till och tillgodogöra oss information från fusionsverksamhet i utlandet. Detta sägs i expertmaterialet vara ett primärt svenskt intresse.

Som en mera allmän riktlinje framhålls i expertmaterialet att den svenska insatsen inom fusionsområdet bör koncentreras kring väsentliga delproblem och principfrågor som vilar på direkt grundvetenskaplig bas – en sådan koncentration karakteriserar också den nuvarande verksamheten. Beträffande reaktorteknologiska problem måste eventuella svenska

Tabell 5.3 FoU-medel i Mkr till svensk fusionsforskning enligt tre tänkbara resursnivåer

Resursnivå	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79 t o m 1984/85 års- medeltal	1975/76 t o m 1984/85 Summa
(1)	2,6	3,2	4,0	5,0	45
(2)	4,0	5,3	6,7	6,5	62
(3)	6,8	8,4	10,2	11,0	103

insatser med hänsyn till våra små resurser begränsas till punktinsatser på väldefinierade problem.

I expertmaterialet har behovet av allmänna medel för FoU inom fusionsområdet uppskattats. Tre tänkbara resursnivåer är angivna. Den lägsta (1) motsvarar ett minimum för meningsfull verksamhet och den högsta (3) ett optimalt utnyttjande av resurserna. Vidare anges en medelnivå (2) mellan dessa båda ytterligheter. Innebörden av resursnivåerna preciseras i tabell 5.3. Mellannivån har presenterats i tabell 5.1. I expertmaterialet görs ingen prioritering mellan resursnivåerna.

### 5.8.2 Vindenergi

Vindenergi i mindre skala har utnyttjats sedan länge för att täcka exempelvis mindre energibehov på avlägsna platser, där den kan konkurrera med andra energiformer. Under senare tid har man emellertid på olika håll i världen börjat diskutera möjligheten att använda vinden som en betydelsefull energikälla på nationell nivå, och det är då fråga om projekt av helt annan storleksordning än hittills tillämpad teknik. Det attraktiva i sådana projekt ligger självfallet i att vinden är en outtömlig energikälla och att den också ger ett oberoende mot omvärlden. Det förefaller dock som om kostnaderna för vindkraften kan bli mycket höga, även om några invändningsfria kalkyler ännu inte föreligger. Ett problem är att energi kan behöva lagras eftersom energiefterfrågan inte följer vindens växlingar.

För att få ett bättre grepp om kostnadsbilden och vindkraftens utvecklingsmöjligheter utförs försök och studier på olika håll i världen. De mest ambitiösa utvecklingsprogrammen har startats i USA. Satsningen är 150 Mkr över en femårsperiod. Det är självklart av intresse att följa utvecklingen av dessa amerikanska projekt. I Sverige har statens vattenfallsverk utfört en studie vars resultat sägs bekräfta uppgifter i den internationella litteraturen. Man har kommit fram till en kostnad på 20 öre/kWh för en aggregatstorlek på 2 MW. Kostnader för ackumulering av ungefär samma storleksordning kan tillkomma. Utöver dessa kostnader måste hänsyn också tas till att stora vindkraftverk starkt påverkar landskapsbilden och kan avge buller.

Med i dag föreliggande underlag saknas ekonomiskt incitament till storskalig exploatering av vindenergin i Sverige. Det finns emellertid skäl att noga följa upp resultaten av studier som nu utförs. Dessutom bör

grundliga studier över vindarnas geografiska och statistiska fördelning över landet genomföras. Av expertmaterialet framgår att det för denna verksamhet kan erfordras ett FoU-stöd på 2 Mkr under en femårsperiod varav 0,5 Mkr under första året. Resultaten av dessa studier får sedan avgöra om arbetet skall fortsättas.

### 5.8.3 *Geotermisk energi*

Geotermisk energi – dvs värmeenergi från jordens inre – utvinns bl a på Island och i Italien. Denna typ av energi kan, beroende på omständigheterna, användas ibland för direkt uppvärmning och ibland för elproduktion i ångturbiner. Vilka möjligheter som föreligger bestäms av berggrundens temperaturförhållanden, kemiska sammansättning, innehåll av vatten och vattenånga m m. Allmänt torde man kunna säga att det krävs förhållanden av mycket speciell karaktär för att energiutvinning skall vara ekonomiskt attraktiv.

I Sverige finns ingen vulkanisk aktivitet, och de studier av temperaturförhållandena i berggrunden som gjorts pekar på att tillräckliga temperaturer uppträder först på mycket stora djup. Energiutvinning skulle därför ställa sig utomordentligt dyrbar, om den över huvud är tekniskt möjlig. Samtidigt måste dock sägas att temperaturförhållandena i den svenska berggrunden är synnerligen ofullständigt kartlagda. Det kan inte uteslutas att sk termiska fickor finns. Enligt expertmaterialet bör därför temperaturdata insamlas från borrhål i berggrunden – dock skall inga nya hål tas upp enbart för temperaturmätningar. Totalkostnaden för verksamheten skulle inte behöva uppgå till mer än 0,2 Mkr/år under två år. Den eventuellt fortsatta verksamheten bör därefter styras av resultaten från de inledande temperaturstudierna.

Den föreslagna satsningen avser endast geofysiska undersökningar. I den mån man hittar termiska fickor värda att exploatera bedöms det vara möjligt att köpa all för exploateringen nödvändig teknik från utlandet.

### 5.8.4 *Omvandling av solstrålning till elenergi*

Möjligheterna att utnyttja solenergi är attraktiva i första hand därför att energikällan är outtömlig och även därför att de totala instrålade energimängderna är mycket stora. Samtidigt är emellertid den utrustning som krävs för tillvaratagande av solenergin mycket kapitalkrävande, varför möjligheterna till ett mera omfattande utnyttjande ändå många gånger är små.

Solstrålningen kan användas som energikälla på flera principiellt skilda sätt. I detta avsnitt behandlas omvandling av solenergi till elenergi. Metoder att omvandla solenergi till kemisk energi genom biologiska system behandlades i moment 5.6.3. Nyttiggörande av solstrålningen för direkt uppvärmning av byggnader behandlas i avsnitt 5.11.

För elkraftproduktion ur solstrålning är i första hand två metoder tänkbara, dels direkt omvandling till elektrisk energi med hjälp av solceller, dels elkraftproduktion i ångkraftverk där ångan produceras med

hjälp av solstrålning.

Processer av det förstnämnda slaget — dvs solceller — bygger på modern halvledarteknik. Det förefaller dock som om storskalig elenergi-produktion i moderna industrisamhällen med denna metod är ekonomiskt helt orealistisk. Beräknat för förhållandena i Saharaöknen skulle energikostnaden bli av storleksordningen 6 à 7 kr/kWh. Det bedöms i expertmaterialet inte rimligt att kostnaderna för denna energiform kan komma i närheten av energipriserna under överblickbar tid, även om man tänker sig en långtgående teknikutveckling och stigande energipriser. Någon FoU inom Sverige med energipolitisk motivering föreslås inte.

I solångkraftverk koncentreras den infallande solstrålningen mot rörsystem i vilka vatten eller annat medium upphetas. Ett särskilt optiskt system erfordras för att släppa fram huvudparten av infallande solstrålning och samtidigt hindra långvågig värmestrålning från ångrören att passera ut. Försök med denna teknik har utförts utomlands, men kostnaderna förefaller bli mycket höga. I närheten av ekvatorn kan tekniken möjligen bli tillämpbar, men i Sverige skulle en anläggning för 1 000 MW kräva minst 65 km<sup>2</sup> yta och ge ett energipris av minst 25 öre/kWh. Någon svensk FoU avseende solångkraftverk föreslås inte.

## 5.9 Energianvändning inom industrin m m

En målsättning för en effektiv energihushållning inom konsumtionssektorn angavs i kapitel 2 vara att (med beaktande av kostnaden) höja produktiviteten hos produktionsfaktorn energi. Detta sätt att formulera målsättningen ligger möjligen väl till just för diskussionen av energikonsumtionen inom industrin.

Energien är en produktionsfaktor bland flera i den industriella produktionen, och ofta är energikostnaden förhållandevis liten i jämförelse med kostnaderna för andra produktionsfaktorer. Det är därför ofta svårt, och kanske dessutom inte särskilt intressant, att se industrins produktionsproblem från renodlad energisynpunkt. Mycket av den FoU som kan leda till energibesparingar måste ses som en integrerad del av den allmänna produkt- och processutvecklingen inom industrin.

Målsättningen att öka produktiviteten hos produktionsfaktorn energi kan — åtminstone om målsättningen ges en tillräckligt vid innebörd — brytas ner i följande delmål.

- *Minskning av processers specifika energiförbrukning.* I många fall kan det vara möjligt att åstadkomma energibesparing genom att minska den mängd energi som i en process åtgår per producerad enhet. Ibland är FoU en förutsättning för detta; ibland kan också redan känd teknik tillämpas som inte hittills varit lönsam men som blivit det till följd av höjda energipriser. Som exempel kan nämnas isolering där värme-läckage förekommer som t ex i rörsystem, värmeväxling mellan varma och kalla flöden osv. Till detta område kan också räknas driftövervakning och "vardagsrationalisering".
- *Tillvaratagande av "energiavfall".* Till detta område kan en lång rad åtgärder hänföras som t ex förbränning av diverse fast avfall, spill-

värmeåtervinning m m. Av störst betydelse är antagligen spillvärmeåtervinningen. Även inom detta område finns exempel både på att redan känd teknik kan tillämpas och på att FoU behövs.

- *Effektivare utnyttjande av befintliga värmefall.* (Problemet med värmefall finns principiellt behandlat i moment 2.2 under rubriken "omvandling från högtemperaturvärme till lågtemperaturvärme".) Värmefallen kan utnyttjas för produktion av elkraft i mottrycksanläggningar. Här är det alltså fråga om att redan känd teknik blivit lönsam i avsevärt fler fall än tidigare.
- *Materialåtervinning.* Om material som för sin tillverkning krävt energi kan återvinnas, så uppnår man ett bättre totalutnyttjande av den ursprungligen tillförda förädlade energin.
- *Tillverkning av mer funktionsanpassade produkter.* Av bl a marknads- och konkurrensskäl framställs en del produkter med onödigt goda, eller för produkten irrelevanta, egenskaper. Ibland kräver dessa "onödiga egenskaper" extra insatser av råvaror och energi som alltså skulle kunna sparas. Exempel härpå är den nyligen genomförda sänkningen av tidningspappers ytvikt.

Av speciellt intresse är de punkter ovan som gäller energiåtervinning, dvs tillvaratagande av energiavfall och effektivare utnyttjande av befintliga värmefall. I många fall är det säkert möjligt för det företag inom vilket återvinningen sker att självt utnyttja den återvunna energin. I sådana fall är det också rimligt att räkna med att återvinningen kommer till stånd när den blir lönsam. I andra fall däremot kanske det återvinnande företaget inte har behov av energin för egen del. Distribution till kringliggande industrier eller bostadsområden kan då förutsätta åtgärder från samhällets sida. Framför allt gäller detta värmedistribution.

### 5.9.1 Järn-, stål-, metall- och verkstadsindustri

Den grupp av industrier som är sysselsatt med utvinning och bearbetning av metaller står för ca 9 % av landets energikonsumtion (tabell 5.2). Siffran inkluderar inte industrigrenens lokalkomfortenergi. Gruppen är inom industrin tvåa som energikonsument efter massa- och pappersindustrin.

Inom gruppen kan man urskilja fyra huvudkategorier av industrier: gruvor och malmhantering, järn- och stålindustri, metall- och ferrolegeringsindustri samt verkstadsindustri. Den klart mest energikonsumerande av dessa kategorier är järn- och stålindustrin, vilket framgår av tabell 5.4.

Tabellen pekar även på andra intressanta drag i industrigruppens energikonsumtion. Till att börja med syns att möjligheterna till återvinning av förlustvärme är stora inom framför allt järn- och stålindustrin samt metall- och ferrolegeringsindustrin. Detta beror på att dessa båda industrityper till stor del karakteriseras av högtemperaturprocesser vilka ger ifrån sig stora mängder spillvärme, vilket i princip bör vara möjligt att tillvarata. Det framgår också av tabellen att andelen erforderlig energi för lokalkomfort – ett tänkbart användningsområde för spillvärme – är förhållandevis liten för de två berörda industrityperna. Det producerade spillvärmets kan därför sannolikt inte helt utnyttjas inom industrierna

Tabell 5.4 Energikonsumtionens struktur inom metallutvinnande och -bearbetande industrier

	Total energi- användning TWh	Därav lo- kalkomfort TWh	Möjlig förlust- värmeåtervinning TWh
Gruvindustri	5,3	3,2	0,8
Järn- och stålindustri	26,5	5,1	10,6
Metall- och ferrolegerings- industri	5,5	1,6	2,8
Verkstadsindustri	12,8	8,4	0,6
Summa	50,1	18,3	14,8

själva utan man måste tänka sig någon form av system för distribution av värme till kringliggande industrier eller bostäder.

I det följande behandlas områdets olika industrigrenar på ett mer detaljerat sätt var för sig.

### Gruvindustri

Svensk gruvindustri kan delas upp i två huvudgrenar, järnmalmsgruvor och andra malmgruvor. De senare bearbetar metallmineral vilka i allmänhet är bundna till svavel och därför går under samlingsnamnet sulfidmalmer. Av den totala järnmalmsproduktionen kommer ca 85 % från de tre största enheterna – Kiruna, Malmberget och Grängesberg. Den helt dominerande malmtypen är av fosforrik karaktär, men genom relativt långtgående nedmalning har fosforfattiga produkter kunnat framställas. De flesta och största sulfidmalmsgruvorna förekommer inom det s k Skelleftefältet i Västerbotten.

Den egentliga gruvbrytningen innebär att malmen bryts och transporteras till ovanjordsanläggningarna för behandling. Behandlingen av malmen i ovanjordsanläggningarna har tre syften, nämligen att krossa och mala malmen, att avskilja "ofyndigt" material, dvs sovra och anrika malmen till slig, samt slutligen att agglomerera eller sintra produkten om den är mycket finkornig.

Energistrukturen inom gruvbrytningen framgår av tabell 5.5, vilken dock endast anger riktvärden.

Tabell 5.5 Energistrukturen inom gruvbrytningen

Energikonsumtionstyp	Andel av energikonsumtionen, %
Arbeten under jord	
– ventilation	15
– borrhning, transporter m m	25
Arbeten över jord	60
Summa	100

Inom gruvbrytningsområdet finns i stora drag följande möjligheter till effektivare energihushållning:

Behovet av energi för ventilation kan minskas om man kan minska emissionerna i gruvan, t ex genom att utveckla speciella dieselmotorer för underjordsbruk eller genom att övergå till stirling-motorer, eldrivna fordonsmotorer eller kanske till bandtransport. Här är alltså batteridrivna fordon av det slag som beskrivs i 3.3.19 och 5.10 av intresse. Det är också tänkbart att minska ventilationsbehovet om metoder för regenerering av ren luft ur skämd frånluft kan utarbetas. Den radongas som finns i gruvor sätter emellertid en gräns för hur mycket man kan minska ventilationsbehovet. Energi kan också sparas genom tillvaratagande av spillvärme ur ventilationsluften från gruvor. Försök av det slaget görs bl a av LKAB i Kiruna.

Även för sintringen finns möjligheter till effektivare energihushållning. En sådan utveckling är redan på gång – under senare år har skett en successiv reduktion av mängden erforderlig olja per ton kulsinter. Möjligheten att i stället för olja använda kol i pulver- eller gasform som bränsle för processen studeras f n. En annan möjlighet är att i större utsträckning förlägga kulsinterverken i direkt anknötning till masugnarna. Man skulle då kunna använda masungsgasen för sintringen, samtidigt som masugnarna skulle kunna beskickas med sinter av hög temperatur utan mellanliggande avsvälning.

Det bör också vara möjligt att använda spillvärme från kulsinterverk för uppvärmning av t ex byggnader även om rökgasernas stoft och syrainnehåll erbjuder problem.

### *Järn- och stålindustri*

Inom järn- och stålindustrin förekommer en rad processled från tackjärnsproduktionen i masugn till tillverkning av stål av en mängd skilda kvaliteter. De centrala aktiviteterna är tillverkning av:

- råjärn (tackjärn)
- råstål (götstål)
- varmvalsat och smitt stål
- kallbearbetat och ytbehandlat stål

En förhållandevis stor del – omkring 60 procent – av energikonsumtionen ligger i de tidigare leden t o m framställningen av råstål. Denna energi tas till stor del från kol och koks som står för ungefär 50 % av energikonsumtionen inom järn- och stålindustrin. Koksen används för reduktion av järnmalmen i masugn och ger samtidigt smältvärme. Koksverk i anslutning till masugnen finns i Sverige f n endast i Oxelösund, men det tillkommer ett koksverk också vid NJA.

För tillverkning av råstål ur tackjärn används alltmer syrgaskonverterprocesser. I dessa processer färskas tackjärnet – dvs överflödigt kol oxideras med syrgas – till stål. Processerna kräver ingen tillförsel av energi. I stället avges värme som kan utnyttjas för att smälta en del skrot tillsammans med det övriga råstålet.

För ståltillverkning ur skrot används i regel elektrostålugnar. Erforderlig energi tillföres i form av elektrisk energi. Elektrostålugnen är vanligen

en s k ljusbågsugn, men för specialstål används även induktionsugnar. Ståltillverkning ur skrot kräver mindre energi än tillverkning från malm, varför stålåtervinning påverkar energibalansen positivt.

Från stålugnarna går stålet till gjutning, varvid stora värmemängder frigörs under avsvälningen. Tidigare göts allt stålhalvfabrikat i kokiller till s k göt, men numera praktiseras i allt större utsträckning stränggjutning, vilket innebär att stålet direkt gjuts i den profil man önskar för slutprodukten. Stränggjutningen ger både en materialbesparing och en energibesparing i den efterföljande behandlingen.

Förädlingssteget eller -stegen från råstål till handelsfärdigt stål utföres i anläggningar där göt eller gjutna ämnen undergår formförändring i varmt tillstånd genom valsning eller smidning, samt efterföljande bearbetning i kallt tillstånd. Därtill kommer förbättring av struktur, hållfasthetsegenskaper och ytgenskaper genom värmebehandlings-, ytavverkningar samt ytbeläggning.

Det finns ett flertal principiella möjligheter att förbättra energihushållningen inom järn- och stålindustrin. Om man först ser till möjligheterna att minska ståltillverkningsprocessens specifika energiförbrukning så ligger det en stor potential i att minska antalet uppvärmnings- och avsvälningsteg på vägen från malm till färdigt stål. Detta kan emellertid förutsätta lösandet av olika delproblem som t ex att konstatera och avhjälpa materialfel på glödande ämnen. Just detta problem torde vara av utpräglad FoU-karaktär. Stränggjutning, som redan nämnts, är en annan väsentlig metod att dra ner den specifika energiförbrukningen. Från energisynpunkt vore det värdefullt om stränggjutning i större omfattning kunde införas i specialståltillverkningen, där den p g a de små tillverkningsmängderna inte är allmänt tillämpbar i dag. Även detta är ett område för FoU. Ytterligare ett sätt att minska den specifika energiförbrukningen är att tillämpa värmecirkulation — värmets från avsväljande material används för uppvärmning av annat material. Slutligen kan direktreduktion av malm till stål nämnas som en potentiell möjlighet att minska energigången, även om denna metod ännu inte i praktiken lett till energibesparing.

Produktionen av energiavfall inom järn- och stålindustrin är mycket stor och det finns alltså en energibesparingsmöjlighet också i tillvaratagande av detta avfall. Av den totala energikonsumtionen för framställning av stål i ett integrerat stålverk binds endast ca 30 % kemiskt till stålet. Resterande 70 % återfinns bundet vid olika energibärare i form av gaser, luft och vatten. Dessa 70 % används i dag till en del inom järnverken för dels upprätthållande av processer, dels uppvärmning av byggnader. En stor del, ca 40 % av den totalt tillförda energin, är dock att betrakta som förluster.

Förlustenergin kan vara bunden till gaser och vätskor. De dominerande gaserna är rökgaser från ugnar och skorstenar (från ca 200°C till 600°C) samt uppvärmd luft från svalbäddar för avsvälning av olika stålprodukter. Till det gasformiga energiavfallet kan också räknas de brännbara gaserna från masugnar och koksverk. Det vätskebundna spillvärmets förekommer framför allt i masugnarnas kylvatten.

För att nyttiggöra energinnehållet i dessa energibärare krävs omvand-



ling till alternativa former beroende på vilken användning som avses. För rökgaser krävs dessutom ofta en reningsprocess för borttagande av bl a stoft och aggressiva kemiska beståndsdelar. Rökgaser i temperaturintervallet 400–600°C kan med fördel användas för produktion av ånga via avgaspanna. I temperaturintervallet därunder ner till daggpunkten för korrosiva ämnen (ca 150°C) kan hetvatten produceras via värmväxlare. I det lägsta temperaturintervallet finns möjlighet att producera varmt vatten eller varm luft. Kylvatten kan i samband med vissa processer bli förorenat och behöver därför renas eller värmväxlas före nyttiggörande.

Förutom att ånga kan användas internt i olika processteg finns ett stort antal industriella processer, vilka förbrukar ånga. Särskilt gäller detta pappers- och massaindustrin men även mindre industrier av typen färgerier och tvätterier. Ånga kan även omvandlas till elenergi via mottrycksturbiner. Denna elenergi kan användas såväl internt i företaget som utom företaget genom försäljning till det lokala elverket. Avsättning av varmt vatten och varm luft kan ske främst i en snäv region invid järnverket p g a överföringsförlusterna.

Enligt expertmaterialet är de största problemen vid nyttiggörandet av avfallsenergin från järn- och stålindustrin av planeringskaraktär och dessutom långsiktiga. Avfallsenergens avnämare måste finnas i anslutning till eller i närheten av producenten. Vid planeringen av samhällsbyggnaden måste man ta hänsyn till de energiflöden som orsakas av en viss kombination industrier, bostäder och övrig infrastruktur.

Expertmaterialet framhåller också att behovet av statligt stödd FoU för framtagande av utrustning för utnyttjande av avfallsenergin är begränsat; värmväxlare, avgaspannor, turbiner finns på marknaden. Inom det lägsta och det högsta temperaturintervallet kan dock stöd till utrustningsutveckling behövas. Problemen med låga temperaturer är främst de små temperaturdifferenserna, vilka leder till stora kapitalkrävande enheter. Vid höga temperaturer är problemen huvudsakligen av materialmässig karaktär.

### *Metall- och ferrolegeringsindustri*

Till metall- och ferrolegeringsindustrin räknas här dels den industri som framställer icke järnmetaller – främst är det fråga om aluminium, koppar och bly – samt den industri som framställer legeringsmetaller för järn – främst ferrokrom, ferromangan och ferrokisel.

Tabell 5.6 Energiförbrukningen i metall- och ferrolegeringsindustrin 1970 (TWh)

	Bränsle	El
Aluminium	0,47	1,15
Koppar	0,24	0,47
Bly	0,06	0,13
Ferrolegeringar	0,76	1,29
Summa	1,53	3,04

Den samlade energiförbrukningen i denna industrigren uppgick 1970 till 4,6 TWh med en fördelning som framgår av tabell 5.6.

Det är karakteristiskt för denna industri, liksom för järn- och stålindustrin, att det i stor utsträckning förekommer högtemperaturprocesser. Karakteristisk är vidare den höga elförbrukningen, vilken beror på det stora inslaget av elektrolytiska processer.

Den stora elförbrukning som sker vid aluminiumframställning är helt och hållet att hänföra till den elektrolytiska process varigenom smält aluminiumoxid reduceras till metalliskt aluminium. För denna konventionella aluminiumtillverkningsprocess bedöms det möjligt att marginellt sänka den specifika elförbrukningen genom att bli noggrant reglerade processen. Som exempel kan nämnas att Gränges Aluminium nyligen insatt en datorbaserad processreglering i Sundsvallsverket och därigenom åstadkommit viss energibesparing.

Internationellt har två nya processer för aluminiumframställning nyligen offentliggjorts. I en av dessa båda processer, den så kallade Tooth-processen, används inte elektrolys utan aluminiummetallen renframställs i stället genom en serie rent kemiska reaktioner. På detta sätt sker en drastisk reduktion av elförbrukningen. Metoden kräver emellertid mycket fortsatt utvecklingsarbete och den bedöms inte bli praktiskt användbar förrän om kanske 15 år. I expertmaterialet bedöms det inte realistiskt att utvecklingsarbete avseende denna metod tas upp i Sverige.

Den andra processen, vilken är en elektrolytprocess men av annorlunda slag än den nu konventionella, har tagits fram av Aluminium Company of America. Även denna metod bedöms kräva ytterligare åtskilliga års utvecklingsarbete, och svenska insatser bedöms inte intressanta i expertmaterialet.

Allmänt gäller alltså att det bedöms realistiskt att i Sverige utveckla aluminiumtillverkningsprocesser, men däremot bör vi enligt expertmaterialet följa den internationella utvecklingen.

Ett annat sätt att minska den specifika energiförbrukningen vid framställning av aluminiumvaror är att – i de fall gjutning förekommer – gjuta i en form som så nära som möjligt ansluter till slutproduktens form. Gjutmetoder finns nu framtagna för direkt gjutning av t ex tråd och band i aluminium. Det anses i expertbilagan tillräckligt att man inom detta område följer den internationella utvecklingen utan någon egen svensk FoU-insats.

Återvinning av aluminium är av stort intresse från energisynpunkt. Aluminiumåtervinningen har nu på många håll – t ex i USA – nått stor omfattning. En mer omfattande återanvändning förutsätter bl a en skrotvänlig konstruktion. Olämpliga metallkombinationer – t ex ölburkarnas bleck och aluminium – försvårar återanvändning. Energibesparingen i samband med återvinning är också beroende av vilken ugnstyp som används för nedsmältningen – i gaseldade flamugnar sker t ex en viss bortdamning av fint skrot och därmed en energiförlust. Utvecklingsarbete på ugnar och smältteknik bedrivs av Asea varför något statligt stöd inte anses erforderligt. Till slut skall beträffande aluminiumtillverkningens avfallsenergi sägas att svalningsvärme och annat spillvärme kan utnyttjas

på i princip samma sätt som inom t ex järn- och stålindustrin.

Koppar och bly renframställes liksom aluminium med hjälp av elektrolytiska processer. Här kan en utveckling av existerande metoder leda till viss minskning av specifika energiåtgången, men nya processer anses inte vara att vänta. På samma sätt som beträffande aluminium är återanvändning av stort intresse. Något FoU-stöd avseende koppar- och blyframställning anses inte påkallat.

Ferrolegeringar är legeringar mellan järn och en annan metall som används för ståltillverkning. Det finns ett stort antal ferrolegeringar men de som från energisynpunkt är av intresse är de som innehåller krom, mangan eller kisel. Att ferrolegeringsverken har en hög energikonsumtion – framför allt elkonsumtion – har framgått ovan.

Enligt expertmaterialet förväntas inga större processförbättringar inom ferrolegeringsindustrin utan energiförbrukningen, såväl el som bränsle, väntas kvarligga på hög nivå. Någon FoU avseende processerna föreslås inte. En mycket väsentlig energibesparing kan emellertid uppnås genom utnyttjande av avfallsvärme. Som exempel nämns att vid smältverket i Vargön har en ångpanna anslutits till smältugnen. Vid tillverkning av 75 % kiseljärn produceras 7 ton ånga per ton metall, vilket representerar en återvinning av 2/3 av tillförd elenergi. Ångan utnyttjas i ett pappersbruk vid smältverket. På detta sätt sparar man 20 à 25 000 ton olja/år och dessutom är svavelutsläppet mindre än om pappersbruket skulle producera sin ånga i en bränsleledad ångpanna. Exemplet pekar återigen på betydelsen av planering för avfallsvärmets utnyttjande. Någon FoU avseende avfallsvärmet föreslås inte.

### *Verkstadsindustri*

Verkstadsindustrin är heterogen genom att den tillverkar en sådan mångfald skilda produkter – allt från knappnålar till jetflygplan för att citera expertmaterialet. Från energisynpunkt finns däremot en homogenitet så till vida att energikonsumtionen nästan genomgående tycks fördela sig lika på processer och lokalkomfort. Energin för lokalkomfort ligger väsentligen på uppvärmning, ventilation och belysning. Av intresse är också att verkstadsindustrins energikonsumtion – även om den är relativt hög – representerar en jämfört med annan industri liten del av förädlingsvärdet. Möjligheter att effektivisera hushållningen med den energi som används för lokalkomfort behandlas i avsnitt 5.11. Här behandlas processernas energikonsumtion.

Från energisynpunkt är det lämpligt att indela verkstadsindustrin i följande kategorier.

Grovplåt, bearbetning

Tunnplåt, bearbetning

Tung mekanisk industri

Finmekanisk industri

De industrier som bearbetar *grovplåt* är främst varven och dessutom tillverkare av cisterner, reaktorkärl och liknande. I dessa industrier sker väsentligen formning av grova plåtar och sammanfogning av dessa genom

svetsning till större konstruktioner. Det finns i denna industri en lång rad skilda möjligheter att till viss del minska energiförbrukningen. I den mån man skall peka på någon enskild punkt där besparingar kan göras, och där samtidigt FoU är av intresse, så är det framför allt svetsningen. Till svetsningen kan man också räkna den termiska skärningen.

Bearbetningen av *tunnplåt* sker genom formning och fogning. Hit hör industrier för karosstillverkning, för tillverkning av husgeråd, m m. Från energisynpunkt är ytbehandlingen av speciellt intresse. Ytbehandlingsproblemen är till stor del av FoU-karaktär.

I *tung mekanisk industri* sker den väsentliga bearbetningen i form av maskinbearbetning, men hit hör förutom maskin- och motortillverkningsverkstäder även gjuterier och smedjor. Gjuterier smälter vanligen i kupolugnar som genererar både stora mängder avgasvärme och brännbar gas. Som exempel kan nämnas att vid Volvo-Skövdeverken genereras 9 500 m<sup>3</sup> avgas/tim med en temperatur på 475°C. Dessutom förbränns 9 000 m<sup>3</sup> lågvärdig överskottsgas per timma. Tillsammans motsvarar detta ca 1 ton olja/tim. Dessa energimängder skulle kunna användas för t ex lokaluppvärmning. Förutom avfallsvärmet från gjuterierna och smedjornas ugnar kan också gjutgodsets svalningsvärme utnyttjas. Enligt expertmaterialet finns dessutom betydande möjligheter att minska den specifika energiförbrukningen i ugnarna. Verkningsgraden för smedjornas oljeeldade ugnar skulle t ex med enkla medel kunna höjas 10 à 20 %. Generellt gäller att ugnsteknik är ett betydelsefullt FoU-område.

Den *finmekaniska industrin* är i huvudsak elektroteknisk industri. För denna industri är energiutnyttjandet i tillverkningen lågt eller obetydligt.

#### FoU-förslag för järn-, stål-, metall- och verkstadsindustrin

Vilka förslag till FoU-insatser som görs i expertmaterialet framgår av tabell 5.7, där beloppen anges i Mkr.

Förslagen avser sålunda hela industriområdet, men enbart energi-FoU. Med processgruppering avses väsentligen möjligheten att ordna processer på ett sådant sätt att mellanliggande avvalningssteg kan undvikas. I expertmaterialet är totalbeloppet 60 Mkr över tioårsperioden fördelat över åren på ett sådant sätt att den maximala insatsen inträffar i mitten av perioden.

Tabell 5.7 FoU-förslag för järn och stål-, metall och verkstadsindustrin i Mkr

Område	Budgetåret 1975/76	Totalt för en tioårsperiod
Energianvändningsanalys	1,2	3,5
Tillvaratagande av spillvärme	1,7	20,0
Processgruppering	1,0	10,0
Processförbättring	1,7	25,0
Driftövervakning och vardags- rationalisering	0,5	1,5
Summa	6,1	60,0

### 5.9.2 Petroleum-, kemi-, plast- och gummiindustri

Som framgår av tabell 5.2 svarar petroleum-, kemi-, plast- och gummiindustri för 4,4 % av landets energikonsumtion. Siffran inkluderar inte industrigrenens lokalkomfortenergi. Det är alltså en inte obetydlig andel även om den är klart mindre än järn- och stålindustrins eller skogsindustrins. Petroleum- och kemiindustrins energiandel är dock ökande. Dess råvaror är också till stor del energirika ämnen som t ex olja och ammoniak.

Inom gruppen dominerar petroleum- och kemiindustri energikonsumtionen mycket klart. Av den totala bränslemängden förbrukas ungefär hälften vid petroleumraffinaderierna och av elenergin ungefär en fjärdedel vid klor-alkaliindustrin. Energikonsumtionen i plastindustrin – dvs den industri som ur halvfabrikat tillverkar plastvaror – och i gummiindustrin är obetydlig i sammanhanget.

Energikostnadsandelen (energi i procent av produktionsvärdet) är högre för kemisk processindustri än medeltalet för hela industrin. Speciellt är den mycket hög för tung kemisk industri.

Energi problemen är delvis likartade för kemisk industri och annan industri – t ex är frågan om spillvärmeutnyttjandet genomgående av central betydelse. Eftersom andra industriområden har behandlats tidigare räcker det därför att här peka på sådant som är speciellt för just den kemiska industrin.

Arbetet på att minska processers specifika energiförbrukning är i vissa avseenden av speciell karaktär inom den kemiska industrin. Bland annat sammanhänger detta med att kemiska reaktioner ingår som väsentliga led i processerna vid sidan om fysikaliska operationer som t ex malning, centrifugering eller destillation. För de kemiska reaktionerna spelar möjligheten att ibland använda katalysatorer en stor roll. Med hjälp av katalysatorer kan många kemiska processer genomföras vid lägre tryck och/eller temperatur än som eljest vore möjligt. Därför kan också energiåtgången minskas med hjälp av katalysatorer. Katalystekniken – som till stor del är grundforskningsbetonad – har därför stor betydelse för processutvecklingen.

Möjligheterna till intern värmeåtervinning genom värmeväxling mellan kalla och varma flöden är ofta tillvaratagna i den kemiska industrins processer. I t ex ett raffinaderi är sådana möjligheter väl utnyttjade.

Från svensk synpunkt är det vidare av stor betydelse att den svenska processindustrin köper största delen av processkunnandet och en stor del av sina anläggningar utifrån. Utveckling av processer och processutrustning sker endast i begränsad omfattning inom landet. Möjligheterna att från svensk sida påverka processutvecklingen är därför små. Den ambition man från svensk sida enligt expertmaterialet bör ha är att vara en kompetent köpare av kunnande och utrustning på de internationella marknaderna, där urvalet ibland kan vara mycket stort. Det är härvid av stor betydelse att ha tillgång till väl utvecklade och fungerande system för dokumentation och information.

Den största möjligheten till effektivare användning av energi inom den

kemiska industrin är att ta till vara energiavfallet – speciellt spillvärmets. I den mån den kemiska industrin har ett speciellt spillvärmeproblem så sammanhänger det med förekomster av exoterma kemiska reaktioner i processerna – dvs reaktioner som sker under värmeavgivning. Som exempel kan nämnas att man får högvärdig värme vid t ex rostning av svavelkis och framställning av salpetersyra från ammoniak. I båda dessa fall förekommer att frigjord energi används för generering av ånga. Ett annat exempel är att man f n planerar att använda överskottsvärmet från svavelsyratillverkning för bostadsuppvärmning i Falun och Helsingborg. Enligt expertmaterialet skulle utveckling av kommersiell teknik för värmepumpning kunna underlätta en sådan användning.

Den kemiska industrin producerar också kemisk avfallsenergi. Som exempel kan nämnas biprodukten vätgas från klor-alkalielektrolys som eventuellt skulle kunna nyttiggöras i t ex bränsleceller. Av intresse är också att en lång rad av den kemiska industrins produkter – t ex plastprodukter – har ett stort energiinnehåll, varför återvinning är av betydelse.

Framställningen ovan är ett försök att peka på vad som från energihushållningssynpunkt är speciellt för just den kemiska industrin. I övrigt finns inom denna industri energibesparingsmöjligheter som är gemensamma för många industrigrenar – t ex alstring av mottryckskraft genom befintliga värmefall.

Enligt expertmaterialet är det motiverat med ett FoU-anslag på 2,5–5,5 Mkr över en tioårsperiod för att minska processernas specifika energiförbrukning. För sammanställningen i tabell 5.2 har detta ansetts svara mot 0,4 Mkr/år. Dessutom föreslås FoU-anslag på 0,8 Mkr/år för att förbättra utnyttjandet av avfallsenergin, framför allt spillvärme.

### 5.9.3 Massa-, pappers- och träfiberplatteindustri

Massa- och pappersindustrin är en storkonsument av energi. Den står för 15,1 % av den totala energikonsumtionen i landet och är därmed den industrigrupp som konsumerar mest energi. Siffran inkluderar ej industrigrenens lokalkomfortenergi. Tätpositionen gäller inte bara totalkonsumtionen utan också el och bränslen tagna var för sig.

De angivna siffrorna gäller dock endast om man i energikonsumtionen räknar med den energi som industrin själv genererar – massa- och pappersindustrin producerar nämligen också betydande energimängder. Massa- och pappersindustrin producerar omkring 60 % av sin egen bränsleförbrukning i form av avlutar, bark och vedavfall, och omkring 30 % av sin elförbrukning i mottryckskraftverk. Borträknas denna självproducerade energi så blir i stället järn- och stålindustrin störst i energiavseende.

Massa- och pappersindustrin förbrukar inte någon energi i den mening att de färdiga produkterna skulle vara energirikare än de ingående råvarorna. Energin är i stället ett hjälpmedel för att sönderdela vedråvaran, frilägga cellulosa fibrerna, sila, bleka och mekaniskt bearbeta fibrerna samt forma dessa i ark som avvattnas och torkas. Praktiskt taget

all tillförd energi återfinns i avloppsvatten, rökgaser och uppvärmd luft i form av spillvärme.

Av intresse är att en betydande energimängd, ca 24 TWh<sub>t</sub>/år, åtgår för torkning av massa och papper, dvs ett syfte för vilket relativt lågvärdig värme är användbar. Detta innebär att massa- och pappersindustrin inte bara är en stor producent av spillvärme – den är också en tänkbar avnämare för spillvärme som produceras på andra håll i samhället, t ex i den värmebaserade elproduktionen.

När man diskuterar möjligheterna till en förbättrad energihushållning inom massa- och pappersindustrin är det av intresse att processutrustning utvecklas och tillverkas i en betydande omfattning inom landet. Det finns därför – till skillnad från vad som till övervägande del var fallet inom den kemiska industrin – goda möjligheter att genom inhemskt arbete påverka även processutvecklingen. Det pågår också fortfarande en betydande struktumvandling inom massa- och pappersindustrin.

En minskning av den specifika energiförbrukningen i massa- och pappersindustrins processer kan ske genom insatser på många olika punkter. Med redan i dag känd teknik kan energi sparas genom övergång från pneumatisk transport till bandtransport av bark och flis, genom optimering av rörledningar med hänsyn till högre energipris, varvtalsreglering av pumpar och fläktar och en sänkning av lägsta tillämpade temperaturdifferenser vid värmeväxling.

Ett utrymme för FoU finns för själva fiberframtagningen och fiberhanteringen. Utveckling av alternativa och mindre energikrävande delignifieringsmetoder är t ex tänkbar. Viss forskning avseende såväl kemiska som biologiska metoder pågår redan i dag inom detta fält. Vidare kräver framställning av massa på mekanisk väg i dag betydligt mer energi än vad som är teoretiskt erforderligt. Även här bör det vara möjligt att utveckla energisnålare metoder. För behandling av fibrerna bör det också, enligt expertmaterialet, vara möjligt att på sikt utveckla processer som medger en högre fiberkoncentration och möjligen lägre temperaturer. Även detta leder till energibesparing.

Även för den energikrävande torkningen finns möjligheter till energibesparing. En del sådana åtgärder är av planeringskaraktär. Integration av massatillverkning med papperstillverkning eliminerar energibehovet för torkning av massan. Detta sammanhänger med att den massa som inte används för papperstillverkning inom landet torkas före exporten för att minska transportkostnaderna. I den mån man ökar andelen papper i produktmixen ökar alltså branschens energiförbrukning sett ur landets synvinkel men minskar globalt sett.

Det finns också möjligheter att genom FoU påverka energiåtgången för torkningen. Viktigast är kanske att förbättra metoderna för våtpressning. Om man före den egentliga torkningen kan pressa en större del av vattnet ur massan än i dag så minskar ju energibehovet för torkning. Det som sätter en gräns för hur långt man kan gå med våtpressning är risken att skada fibrerna.

Det finns som synes betydande möjligheter att göra processerna inom massa- och pappersindustrin energisnålare. I expertmaterialet anses att ett

FoU-anslag från allmänna medel på 2,5 Mkr/år är motiverat.

Möjligheterna att tillvarata avfallsenergi – i synnerhet spillvärme – inom massa- och pappersindustrin är också betydande. Som exempel kan nämnas att en massafabrik med en produktion på 300 000 t/år (omkring 3 % av den svenska årsproduktionen) skulle kunna försörja 6 000–10 000 lägenheter med värme. I expertmaterialet framhålls att ett sådant spillvärmeutnyttjande skulle underlättas genom värmepumpning. Ett annat tänkbart användningsområde för spillvärme är torkning av fasta bränslen (jfr med torvproblemen som presenterats i moment 5.6.1). Industrins eget avfallsbränsle i form av bark, avlutar och vedavfall skulle också kunna utnyttjas bättre än i dag om man fick fram bättre metoder för preparering av dessa bränslen. Här märks pressning av bark och torkning av fuktiga fasta bränslen. En ökad torkning av fuktiga bränslen med redan känd teknik blir dessutom automatiskt lönsam med stigande energipriser.

Bättre energihushållning kan också åstadkommas genom ett mer omfattande utnyttjande av existerande värmefall för produktion av mottryckskraft. Som nämnts producerar massa- och pappersindustrin redan 30 % (eller 3,5 TWh) av sin egen elförbrukning. Enligt expertmaterialet skulle det vara möjligt att fördubbla denna självproducerade elmängd. Här för krävs enligt expertmaterialet bl a ändrade avskrivningsregler och i vissa fall optimering av trycknivåerna i fabrikena. Det krävs också en inventering och kartläggning av tillgängliga ej utnyttjade värmefall.

Eftersom pappersproduktionen är energikrävande är det från energisynpunkt av intresse att möjliggöra en ökad återanvändning av papper. Ett speciellt problem i det sammanhanget är tryck på papper. Trycket bör avlägsnas för att det papper som tillverkas av det gamla skall bli av god kvalitet. Det är därför angeläget att utveckla tryckfärger som är lättare att avlägsna än de utnyttjade.

I expertmaterialet föreslås ett FoU-stöd på 2,7 Mkr/år av allmänna medel för bättre utnyttjande av avfallsenergin inom massa- och pappersindustrin.

Energibesparingsmöjligheterna inom träfiberplattindustrin är analoga med de inom massa- och pappersindustrin.

#### 5.9.4 Jord- och stenvaruindustri

Enligt tabell 5.2 står jord- och stenvaruindustrin för ca 3 % av landets energikonsumtion. Av detta faller mer än hälften på cement- och kalkindustrin och resten på glasindustri, betong- och betongvaruindustri, samt tegelindustri.

De flesta energiproblem inom jord- och stenvaruindustrin torde ha paralleller inom andra redan beskrivna industrigrenar. Till stor del är det problem som har med ugsanvändning att göra. Det finns dock en viktig industri inom området med speciella energiproblem, nämligen cementindustrin. För cementtillverkning finns två huvudmetoder. I den våta metoden slammes det finkrossade ursprungsmaterialet, huvudsakligen



kalksten, upp i vatten före behandling i ugn. I den torra metoden behandlas ursprungsmaterialet utan föregående uppslamning. Den torra metoden, som är relativt vanlig utomlands men inte i Sverige, minskar energibehovet med ca 30 %.

Enligt expertmaterialet är det angeläget att noggrant analysera de problem som en övergång till den torra metoden i Sverige kan medföra. Av expertmaterialet framgår att behovet av FoU-stöd med allmänna medel torde vara omkring 0,5 Mkr/år.

### 5.9.5 Övrig industri

Inom industrigrenar som hittills inte berörts, dvs vad som i rubriken kallats Övrig industri, finns knappast några från energisynpunkt speciella problem. Detta innebär inte att det inte finns möjligheter till en bättre energihushållning inom denna industri. Det innebär bara att problemen inte är av principiellt annan karaktär än de som för andra industrigrenar diskuterats ovan. Det finns t ex inom övrig industri säkert spillvärme som är av intresse att utnyttja.

Men även om den övriga industrin inte har några speciella energi-problem, så är betingelserna för problemlösning delvis annorlunda. Detta sammanhänger med att den övriga industrin ofta är småindustri. Den saknar ofta egen värmeteknisk expertis och ekonomiska möjligheter att göra energiutredningar och införa energibesparande åtgärder. Den kan därför behöva statligt stöd till utrednings- och konsulthjälp.

### 5.9.6 Jordbruk och skogsbruk

Att skogsavfall och jordbruksavfall kan utnyttjas som energiråvaror har redan nämnts i moment 5.6.1. Här behandlas sålunda enbart jordbrukets och skogsbrukets användning av energi. I huvudsak ligger energikonsumtionen på drivmedel och gödningsämnen, även om energi också förbrukas för lokalkomfort. Fördelningen framgår av tabell 5.8.

De frågor som gäller energikonsumtionen inom jordbruk och skogsbruk är i allt väsentligt sådana som i detta kapitel diskuteras under transporter, kemisk industri och lokalkomfort. Man kan dock peka på vissa för området speciella problem, som inte har behandlats på andra ställen. Inom jordbruket finns det sålunda en möjlighet att för lokalkomfort utnyttja den värmeenergi som kreatur avger. Inom skogsbruk finns vissa möjligheter att spara drivmedel genom att förbättra transport-

Tabell 5.8 Årskonsumtionen av energi i TWh inom jordbruk och skogsbruk. För gödningsämnena avser siffrorna den energi som åtgår för att framställa den förbrukade kvantiteten

	Drivmedel	Gödningsämnen
Jordbruk	3,0	4,1
Skogsbruk	2,2	0,3

vägarna i skogen, genom att delvis på nytt övergå till flottning, och genom att delvis ersätta tyngre maskiner som används i skogen med hästar och lättare traktorer. Effekten av sådana åtgärder bedöms dock som marginell.

För FoU avseende speciella lokalkomfortproblem inom jordbruket föreslås ett stöd på 0,3 Mkr.

## 5.10 Energianvändning för transporter och samfärdsel

För transporter och samfärdsel konsumeras enligt tabell 5.2 drygt 50 TWh/år. Tabell 5.9 visar energikonsumtionens fördelning på olika transportmedel.

Av intresse är bla att nästan hela energikonsumtionen består av flytande bränslen, s k drivmedel. Järnvägarna, som i huvudsak drivs med elkraft, representerar endast en liten del av transportsektorns energikonsumtion. Elmotorerna i järnvägarna arbetar med hög verkningsgrad, medan förbränningsmotorerna i alla andra transportsystem av termodynamiska skäl genomgående har en låg verkningsgrad (se vidare avsnitten 2.3.2 och 2.3.3). Spillvärme går ut genom avgaser och kylsystem, och dessutom innehåller avgaserna ett utsläpp av oförbrända bränslerester. Trots denna låga verkningsgrad är emellertid möjligheterna till effektivisering av energihushållningen inom transportsystemet små om man endast ser till åtgärder i själva drivsystemen. Det väsentliga skälet är att spillvärmets – som spelar så stor roll för effektiviseringar inom andra konsumtionsområden – är svårt eller omöjligt att samla upp och nyttiggöra.

Enligt expertmaterialet finns ingenting som pekar på att det skulle finnas stora möjligheter att spara energi inom transportsektorn. Vad som kan göras genom tekniska förbättringar på motorer m m påverkar naturligtvis drivmedelssituationen, men på den nationella energibalansen ger det endast marginella effekter. Större möjligheter finns kanske genom planeringsåtgärder, men även där verkar möjligheterna inte alltför stora. Sålunda sägs i expertmaterialet att olika styrande åtgärder beträffande val av transportmedel har mycket liten inverkan på energibalansen – åtminstone gäller detta åtgärder inom rimliga gränser. Endast en minskning av transportbehovet samt ett starkt förbättrat kapacitetsutnyttjande synes kunna ha märkbara effekter på energibalansen.

Tabell 5.9 Energikonsumtionens fördelning på olika transportmedel

Transportmedel	Andel av landets energikonsumtion, %
Personbilar, etc	6,2
Lastbilar, bussar etc	2,5
Sjöfart	2,5
Järnväg	0,4
Flyg	1,3
Summa	12,9

Tabell 5.10 Effekten av vissa åtgärder inom transportsektorn

Åtgärd	Nettobesparing som andel av landets energibalans, %
– Alla lastbilstransporter överförs till järnväg	0,7
– 10 % av lastbilstransporterna (längre än 200 km) överförs till järnväg	0,01
– Förbjud allt flyg som tankar i Sverige	1,2
– Förbjud allt inrikes flyg	0,3
– Förbjud allt allmänflyg (taxi-, affärs- och privatflyg)	0,03
– Alla bilresor över 50 km överförs till järnväg (5 % av alla bilresor)	0,8

Det sagda illustreras av sammanställningen i tabell 5.10 över effekten på landets energibalans av olika hypotetiska åtgärder.

I expertmaterialet konstateras att motiven för statligt stöd åt FoU avseende transportsektorns energihushållning knappast ligger i att stora energibesparingar den vägen kan åstadkommas i den totala energibalansen. Snarare är motivet att en rationalisering av transportsystemet, och en begränsning av energikostnaderna för transporter, rimligtvis bör eftersträvas parallellt med energibesparande åtgärder på andra håll i samhället. Dessutom – framhålls det i expertmaterialet – leder energibesparingar i transportsystemet till påtagliga miljövinster.

Möjligheterna att få ett bättre kapacitetsutnyttjande inom transportapparaten, och möjligen också ett mindre transportbehov, bör enligt expertmaterialet undersökas. Speciellt betonas lokaliseringens inverkan på transportbehov och transportkostnader. Det sägs också att godstransporterna torde vara lättare att styra mot energieffektiva transportmedel än persontransporterna och att man bör studera transportfördelningen mellan lastbil, järnväg och sjöfart.

För projekt av detta slag föreslås ett FoU-anslag på 2 Mkr/år.

Vikten av att FoU med långsiktig inriktning på drivmedelsfrågan bedrivs understryks också i expertmaterialet. Framför allt bör man studera användningen av metanol som drivmedel i olika motortyper, speciellt dieselmotorer. Dessa frågor har dock redan berörts på flera ställen i moment 5.6.1 och 5.7.1.

Eldrift av fordon med batterier kommer antagligen att bli av allt större intresse i framtiden. I moment 3.3.19 har nämnts att motiven för användning av eldrivna fordon är såväl energiekonomiska som miljömässiga. Det nämndes där också att de svenska satsningarna inom området är stora, även om de till endast liten del härrör från allmänna medel.

I expertmaterialet sägs det vara angeläget att den svenska verksamheten inom strömkälleområdet, som bedöms ligga internationellt långt framme, fortsätter att utvecklas. Utvecklingen bör avse inte bara järn-luftbatterierna utan också järn-nickelbatterier och metanol-luftbränsleceller. Därmed skapas, sägs det i expertmaterialet, en grund för utveckling inom landet av strömkällor med goda egenskaper att användas i elfordon under 2000-talet.

För FoU inom batteriområdet föreslås ett stöd av allmänna medel på 2,0 Mkr/år.

Vad ren motorteknik beträffar görs i Sverige utanför bilindustrins ram insatser på stirlingmotorn. Arbetet på stirlingmotorer har beskrivits i moment 3.3.19. Utvecklingsarbetet på stirlingmotorn bör enligt expertmaterialet fortsättas tills de tekniska möjligheterna samt driftsäkerhet och kostnader verifierats. Det framhålls att United Stirling AB, som bedriver arbetet med statligt stöd, ligger internationellt väl till med nära samarbete med bl a Ford i USA, som provar en av United Stirlings motorer i sina bilar.

För FoU avseende stirlingmotorer föreslås ett stöd av allmänna medel på 2,0 Mkr/år.

Det förordas vidare i expertmaterialet som ett sista FoU-förslag att problemen kring atomdrift av fartyg utsätts för en allsidig behandling. Det bedöms sannolikt att atomdrift så småningom kommer att införas på vissa fartygstyper. Det är därför av intresse för svensk sjöfart och varvsindustri, samt för svensk kärnenergiplanering, att bli förtrogen med problematiken.

För studier av atomdrift i fartyg föreslås ett FoU-stöd av allmänna medel på 1 Mkr/år.

### 5.11 Energianvändning för byggande, lokalkomfort och hushåll

I detta avsnitt sammanfattas innehållet i både expertmaterialet *Byggnadsverksamhet* och *Lokalkomfort och hushåll*. Flera av de siffror som återfinns här har erhållits genom summering och kan därför vara svåra att direkt återfinna i expertmaterialet.

Till byggande brukar man räkna såväl husbyggnad som anläggningsverksamhet. Energikonsumtionen för husbyggnad uppgår f n i Sverige till ca 10,7 TWh/år och för anläggningsverksamhet till ca 7,5 TWh/år. Siffrorna innefattar energikonsumtion för såväl byggmaterialproduktion som för transporter till byggsplatsen och för själva uppförandet. Eftersom anläggningsverksamheten saknar samband med lokalkomfortområdet, och eftersom anläggningsverksamhetens energiproblem till stor del täcks av vad som redan sagts om stål- och cementindustri samt om transporter, så behandlas i det följande endast husbyggnad.

Komplexet husbyggnad, lokalkomfort och hushåll är av största betydelse då man undersöker möjliga vägar att förbättra energihushållningen i samhället. Väsentligen beror detta på att området har stor energiförbrukning, att betydande möjligheter finns att hålla tillbaka energietterfrågan inom området samt att området är en möjlig stor avnämare för det spillvärme som produceras på andra håll i samhället, framför allt i samband med den värmebaserade elkraftproduktionen men också vid många industrier. Möjligheten att utnyttja sådant spillvärme beror på det stora behovet av lågtemperaturvärme för lokaluppvärmning och för varmvatten.

Tabell 5.11 Den nuvarande årskonsumtionen av energi i TWh för husbyggnad, lokalkomfort och hushåll. Siffrorna avser nettoförbrukning, dvs förluster i t ex rökgaser är borträknade. Uppvärmningsenergin för lokalkomfort är uppdelad med hänsyn till vad som förloras genom transmission genom väggar m m, och vad som förloras genom ventilation. Siffrorna är i flera fall baserade på skattningar

	Husbyggnad	Lokalkomfort			Summa lokalkomfort	Hushåll m m		Summa hushåll m m
		Uppvärmning (förloras genom transmission)	Uppvärmning (förloras genom ventilation)	Belysning		Varmvatten	Elapparater	
Småhus	2,9	16,4	12,0	0,6	29,0	3,7	4,2	7,9
Flerfamiljshus	3,6	7,6	11,0	0,7	19,3	9,3	4,7	14,0
Industrier	2,6	12,0	15,0	2,0	29,0	—	1,0	1,0
Övriga lokaler	1,6	14,3	14,0	5,0	33,3	—	2,5	2,5
Summa	10,7	50,3	52,0	8,3	110,6	13,0	12,4	25,4

Metoderna för att nyttiggöra spillvärme inom området diskuteras inte i det följande eftersom den frågan redan behandlats på olika ställen i detta kapitel, främst i avsnitt 5.4. Den följande framställningen koncentreras på möjligheterna att hålla tillbaka efterfrågeutvecklingen.

En samoptimering från energisynpunkt av hela området husbyggnad, lokalkomfort och hushåll är mycket angelägen eftersom de tre delområdena starkt påverkar varandra. En ökad energianvändning, t ex genom ökad användning av isoleringsmaterial, kan leda till minskad energikonsumtion för lokaluppvärmning. Ett annat beroendeförhållande är att det spillvärme som härrör från hushållsapparater av olika slag kan tas tillvara bättre om lokalerna där de finns förses med reglerutrustning för att styra uppvärmning och ventilation.

Av tabell 5.11 framgår att av de tre områden husbyggnad, lokalkomfort och hushåll har lokalkomforten den klart dominerande energiförbrukningen. Inom lokalkomfort används energin huvudsakligen till uppvärmning.

Husbyggandets energibehov kan inte diskuteras fristående från effekterna på energibehovet för lokalkomfort och hushåll. För husbyggandet används ju under alla förhållanden relativt lite energi, men den energi som används där kan ha stor styrande inverkan på det därefter kommande energibehovet för lokalkomfort.

Av den totala energiåtgången för husbyggandet ligger den största delen på byggmaterialtillverkningen, därefter kommer energikonsumtionen på själva byggarbetsplatsen (till stor del byggtorkar) och så en liten återstående del på transporter. Nuvarande trender inom husbyggandet som bl a innebär att man övergår från tyngre till lättare byggnadsmaterial, och fabrikstillverkar byggnadselement i en allt större utsträckning, ger enligt expertmaterialet energibesparingar i husbyggandet.

Dessa trender väntas fortsätta. Samtidigt kan emellertid höjda krav på byggnadernas isolering motverka den annars möjliga energibesparingen. Av expertmaterialet framgår dock att FoU-insatser avseende byggmaterial och byggande kan leda till att den totala årliga energikonsumtionen, med

Tabell 5.12 Årlig värmebalans för uppvärmning och varmvatten för en 75 kvadratmeters lägenhet i ett åttavåningshus enligt tre standardalternativ. Konsumtionen av hushållsel och varmvatten tänkes vara densamma i alla tre alternativen

Till	kWh	Bort	kWh
Värme från hushållsel och varmvatten	500	Ventilation	6 200
Värme från personer	400	Tak, väggar, grund	4 200
Fönster, instrålning	—	Fönster, brutto	2 900
Energi för uppvärmning och varmvatten	16 400	Varmvatten	4 000
Summa	17 300	Summa	17 300

Medelgod nuvarande standard, rumstemperatur 23–25°C

Till	kWh	Bort	kWh
Värme från hushållsel och varmvatten	3 000	Ventilation	6 200
Värme från personer	800	Tak, väggar, grund	3 500
Fönster, instrålning	1 800	Fönster, brutto	2 900
Energi för uppvärmning och varmvatten	11 000	Varmvatten	4 000
Summa	16 600	Summa	16 600

Mycket god nuvarande standard, rumstemperatur 21°C

Till	kWh	Bort	kWh
Värme från hushållsel och varmvatten	3 000	Ventilation, netto	2 500
Värme från personer	800	Tak, väggar, grund	1 800
Fönster, instrålning	1 800	Fönster, brutto	1 900
Energi för uppvärmning och varmvatten	4 600	Varmvatten	4 000
Summa	10 200	Summa	10 200

Mycket god tänkbar framtida standard, rumstemperatur 21°C

hänsyn till föreliggande prognoser för utbyggnaden, inte behöver öka. Inom husbygget bedöms alltså "nolltillväxt" avseende energikonsumtionen vara ett realistiskt mål för FoU-verksamheten.

Energiåtgången för lokalkomfort i ett hus påverkas av en lång rad faktorer. Såväl husets ursprungliga konstruktion som det sätt på vilket driften av det färdiga huset skötes är av stor betydelse. Trots att bostäderna endast representerar en del av det totala lokalbeståndet kan det vara av intresse att illustrera sammanhangen med ett exempel som gäller en hyreslägenhet.

Tabell 5.12 visar värmebalanser för en 75 kvadratmeters lägenhet i ett åttavåningshus under tre standardalternativ. I det första alternativet, som avser en lägenhet av nuvarande medelgod standard, sker värmetillförseln nästan uteslutande genom direkt uppvärmning. Endast en mindre del av värmetillskottet kommer från apparaters spillvärme eller personers kroppsvärme. Den totala energibalansen, dvs summan i tabellen, är också stor, vilket markerar att förlusterna genom väggar, ventilation osv är stora. I den högra delen är dessa förluster preciserade och det framgår att

det största utsläppet sker genom ventilation, dvs i praktiken till stor del genom öppna fönster.

Det andra alternativet avser en lägenhet av nuvarande mycket god standard. Skillnaderna gentemot det första alternativet är flera. Fönsterna är placerade på ett sådant sätt att infallande solstrålning ger ett väsentligt bidrag till värmebalansen. Det finns dessutom en reglerutrustning som gör att den ordinarie uppvärmningen minskar när spillvärmeförbrukningen från olika hushållsapparater ökar. Man kan alltså tillgodogöra sig detta spillvärme i stället för att vädra ut det som i det första alternativet. Detta framgår i tabellen genom att värmeförlusten från hushållsel och varmvatten, och följande också från personer, ökar. En bättre isolering i det andra alternativet medför också att den totala värmebalansens omfattning minskar. Slutresultatet blir en kraftig reduktion av den energi som tillförs speciellt för uppvärmning och varmvatten – från 16 400 kWh i första alternativet till 11 000 kWh i det andra.

I det tredje alternativet slutligen, som representerar vad som är tänkbart i den framtida nybyggnadsproduktionen, har en ytterligare drastisk reduktion av energibehovet genomförts. Den totala värmebalansen har minskats och den energi som tillförs för uppvärmning och varmvatten har gått ner till 4 600 kWh. Den väsentliga skillnaden mellan det andra och det tredje alternativet är att ventilationsförlusterna minskats kraftigt genom värmeväxling av ventilationsluften, och att transmissionsförlusterna genom väggar och fönster minskats genom bl a bättre isolering och utnyttjande av treglasfönster.

Enligt expertmaterialet är det möjligt att genom åtgärder av de beskrivna slagen hålla energikonsumtionen i Sverige för lokalkomfort konstant under resten av 1900-talet, trots den prognosticerade ökningen av den totala lokalvolymen. Även inom lokalkomfortområdet bedöms sålunda "nolltillväxt" vara möjlig. Man har då tagit hänsyn till att mera omfattande energibesparande åtgärder endast kan vidtas i samband med nyproduktion av byggnader. För närvarande nyproduceras årligen ungefär 2,5 % av det totala bostadsbeståndet.

En omfattande energibesparing inom lokalkomfort- och hushållsområdet kräver dock stora FoU-insatser inom olika områden. FoU-behovet gäller inte bara teknisk-naturvetenskaplig FoU, utan också samhälls- och beteendevetenskaplig sådan.

Ett stort problemkomplex gäller anpassningen mellan människa och byggnad – vilket inomhusklimat som är lämpligt för människan under olika betingelser. Som exempel på frågeställning kan nämnas ventilationsbehovets beroende av inomhustemperaturen. En ökad kunskap om dessa och liknande samband, som ännu är långt ifrån utredda, ger möjligheter till bättre energihushållning. Den klimathygieniska forskningen får sin tillämpning vid utformningen av vår bostadsmiljö, men tillämpningen har dock sin tyngdpunkt – sett ur energisynpunkt – vid utformningen av olika arbetsmiljöer. För klimathygienisk forskning föreslås 2,0 Mkr/år.

Beträffande själva byggnadskonstruktionen är vidare en omfattande FoU-verksamhet angelägen. Problemen är delvis olika för nyproducerade byggnader och för det nu befintliga byggnadsbeståndet, som ju kommer

att vara en tung post i energiförsörjningen ännu lång tid framöver.

Nettoenergiförbrukningen i nyproducerade byggnader kan reduceras genom FoU kring byggnaders värmebalans, kring nya material och metoder för värmeisolering av väggar, tak och grunder, kring fönsters energibalans samt kring byggnaders täthet. Dessutom behövs FoU om ventilationsbehov och ventilationssystem, reglerings- och styrsystem.

Endast genom åtgärder även på de befintliga byggnaderna kan man snabbt uppnå några för landet betydande energibesparingar. Byggnaderna är genomsnittligen dåligt värmeisolerade. Man behöver FoU rörande lämpliga metoder för tilläggsisolering, insättning av treglasfönster, tätning av byggnader samt reglersystem.

För FoU-avseende byggnader föreslås sammanlagt 8 Mkr/år.

Solstrålning kan utnyttjas direkt för att täcka en del av energibehovet för uppvärmning av byggnader. Redan idag täcks överslagsvis 15 % av energibehovet för uppvärmning av solvärme som strålar in genom fönster. Denna andel bör kunna ökas. För FoU som syftar till sådant solenergiutnyttjande föreslås 1,0 Mkr/år.

Ett rationellt energiutnyttjande inom hushållen är genom det stora antalet hushåll av betydelse när det gäller att minska nettoenergiförbrukningen. Den FoU-verksamhet som är knuten till produktutvecklingen för hantering och beredning av livsmedel, disk, klädvård och personlig hygien bör bedrivas av industrier utan statligt stöd, medan vissa jämförelser av produktprestanda, jämförande metodstudier och dylikt bör ske som statlig FoU-verksamhet. När det gäller disk och personlig hygien bör FoU-verksamhet kunna bidra till en viss varmvattenenergiebesparing eller åtminstone en begränsad ökning av nettoenergiförbrukningen.

Inom hushållsområdet föreslås ett FoU-anslag på 0,8 Mkr/år.

Problemet hur man från samhällets sida skall kunna styra utvecklingen i riktning mot en mera rationell energihantering är aktuellt för hela energikonsumtionsområdet, men problemet är av speciellt stor betydelse inom just lokalkomfortområdet. Bl a beror detta på att energikonsumtionen inom området är stor samtidigt som den är utspridd på många enheter så att påverkan försvåras.

Bland styrinstrumenten finns normer, taxor och finansieringsbestämmelser. Av stor betydelse är också möjligheten att genom utbildning och kunskapsspridning förbättra "energivanorna".

Inom byggområdet finns en mycket stor uppsättning normer och anvisningar som reglerar byggverksamheten. Enligt expertmaterialet är en genomgång av dessa normer med hänsyn till energiförsörjning och energihushållning angelägen. Ett underlag för en sådan normgranskning kan bl a den ovan nämnda klimathygieniska forskningen ge.

I expertmaterialet läggs också mycket stor vikt vid behovet av att genom utbildning och informationsspridning öka energikunskapen. Detta gäller inte bara alla de parter som på olika sätt är involverade i byggnadsverksamheten, utan också i hög grad personer som handhar driften av byggnader. Beträffande driften bedöms problemen som speciellt stora för andra lokaler än bostadslokaler. För att information verkligen skall kunna nå ut på ett effektivt sätt till de berörda så är det



Tabell 5.13 Förslag om FoU-stöd ur allmänna medel i Mkr/år

Område	Belopp
Klimathygienisk forskning	2,0
Byggnader	8,0
Solenergi	1,0
Hushåll	0,8
Normer, information	2,0
Internationell verksamhet	1,6
Allmänna systemstudier, övrigt	2,8
Summa	18,2

enligt expertmaterialet angeläget att utnyttja demonstrationsprojekt på olika håll i landet. Först därigenom, menar man, blir det verkligen möjligt att påverka människors sätt att bygga, eller bygga om, och förvalta byggnader på ett energiriktigt sätt.

Möjligheterna att finansiera energibesparande men kapitalkrävande utrustning spelar självfallet också stor roll för åtgärdernas genomförande.

För FoU avseende normer, informationsspridning och övriga styrmedel föreslås ett stöd av allmänna medel på sammanlagt 2,0 Mkr/år.

De totala FoU-förslagen inom området husbyggnad, lokalkomfort och hushåll redovisas i tabell 5.13.

## 6. Programstruktur och prioriteringsgrunder

### 6.1 Programnivåer

Kommittén har i sitt arbete med utformningen av FoU-programmet valt att benämna det totala programmet för forskning och utveckling inom energiområdet för ett *huvudprogram*. Detta har sedan indelats i *program* vilka i de flesta fall i sin tur inrymmer *delprogram*. I enstaka fall har delprogrammen specificerats i *programelement*.

De olika programmen (delprogrammen, programelementen) har ett *syfte* eller *ändamål*. Syftet i stort för hela huvudprogrammet finns redan angivet i direktiven och har preciserats i kap 1. Syftet med de enskilda programmen och delprogrammen berörs i samband med presentationen av dessa i kap 7.

*Kommittén har i sina analyser inte bedömt enstaka projekt. I*

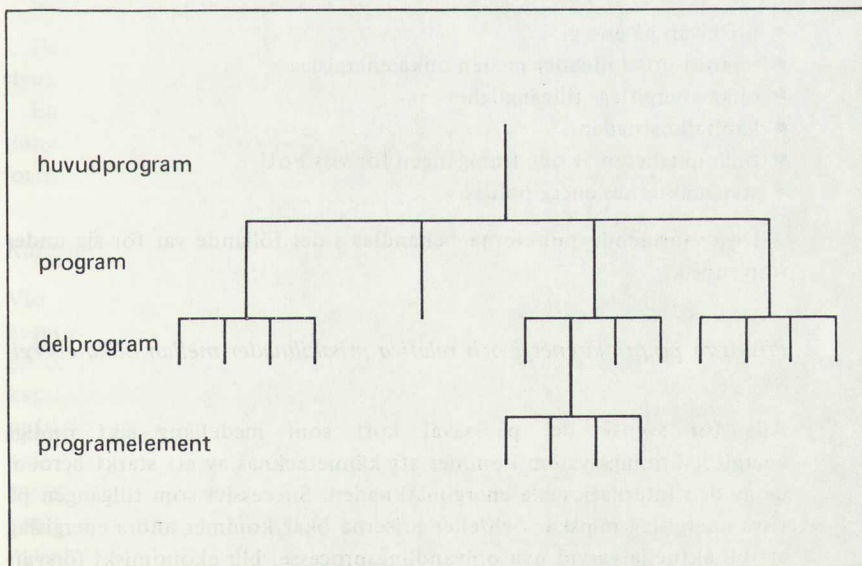


Fig 6.1 Programnivåer

expertmaterialet redovisas däremot ett stort antal FoU-projekt. En analys och bedömning av dessa bildar underlag för värderingen av FoU-programmen och den resursram som bör anslås. Projekten i expertmaterialet är i sin nuvarande presentationsform närmast att se som exempel på forskningsinriktning. De måste således beredas vidare och tekniskt granskas av berört programorgan innan medel kan anslås.

Nedan behandlas i avsnitt 6.2 vissa allmänna synpunkter på FoU-programmets bredd, dess avgränsning gentemot grundforskning och produktutveckling och vilka faktorer som påverkat programmets beloppsmässiga omfattning. Synpunkterna beträffande syfte, bredd, avgränsning och omfattning återspeglas sedan i huvudprogrammet såsom det presenteras i kap 7.

I avsnitt 6.3 presenteras programindelningen samt de av kommittén tillämpade kriterierna för denna. Indelningen i delprogram och program-element berörs däremot först i kap 7 i samband med att resp program genomgås.

## 6.2 Huvudprogrammets bredd, avgränsning och omfattning

### 6.2.1 Ett brett upplagt FoU-program

Kommittén framlägger ett brett FoU-program med förslag till insatser för många olika processer och energisystem applicerbara i olika situationer och tidsperspektiv.

*Motivet till programmets bredd är främst osäkerheten i framtidsbedömningar rörande*

- prisnivån på energi
- relativa prisskillnader mellan olika energislag
- olika energislags tillgänglighet
- kapitalkostnaden
- tillämpligheten av och framgången för viss FoU
- statsmakternas energipolitik

De ovanstående punkterna behandlas i det följande var för sig under resp rubrik.

*Prisnivån på primärenergi och relativa prisskillnader mellan olika energislag*

Alla för svensk del på såväl kort som medellång sikt rimliga energiförsörjningssystem kommer att kännetecknas av ett starkt beroende av den internationella energimarknaden. Successivt som tillgången på vissa energislag minskar och/eller priserna ökar kommer andra energislag att bli aktuella varvid nya omvandlingsprocesser blir ekonomiskt försvarbara. Man kan med hänsyn till de goda tekniska möjligheterna till omvandling mellan olika energislag förutse att energi av önskat slag eller

närliggande substitut kommer att vara tillgängligt men till priser som är svåra att förutsäga. Möjligheterna till energiomvandling kommer dock sannolikt att medverka till en utjämning av prisnivån på olika energislag så att de utgör konkurrensmässiga alternativ. Möjligheterna att förutse priset på olika energiformer är inte endast beroende på de teknisk-ekonomiska förutsättningarna för energikonvertering. Då energi förbrukas i mycket stora kvantiteter kommer energiförsörjningssystemen att vara trögföränderliga vilket gör att vid störningar mer eller mindre långvariga knapphetssituationer för vissa energislag kan uppstå intill dess att åtgärder för att utjämna produktion och efterfrågan kunnat ge effekt. Detta kan resultera i perioder med extremt höga priser. Å andra sidan kan ett mindre hårt styrt utbud av t ex olja resultera i tillfällig överproduktion och därav följande lägre priser.

På längre sikt är priset på energi till stor del betingat av möjliga tekniska framsteg. Så kan t ex ett genombrott för fusionskraft eller solenergiteknik medföra långsiktiga möjligheter till förhållandevis låga energipriser.

### *Olika energislags tillgänglighet*

Olika energislags framtida tillgänglighet på den internationella marknaden är beroende av den råvaru-, energi- och handelspolitik, som man önskar följa i de länder där primärenergireserverna finns. Den påverkas bl a av respektive länders bedömningar av

- grad av egen självförsörjning med energi
- reservernas framtida värde
- förutsättningar för egen förädling av primärenergi samt exportmöjligheterna för förädlad energi.

Detta kan påverka den internationella marknadens storlek och dess struktur genom att nya energiformer tillkommer eller gamla försvinner.

En minskad världsmarknad kan också medföra kraftiga prisfluktuationer. Möjligheterna att nå gynnsamma avtal om leveranser av olika former av primär och förädlad energi är i dag svåra att förutse.

### *Kapitalkostnad*

Vid produktion av olika former av nyttigheter eller förädlad energi kan kapital vara ett substitut för energi i den meningen att mer energikrävande processer ibland kan utbytas mot mindre energikrävande men mer kapitalkrävande sådana. På produktionssidan kan man konstatera att nytillkomna energiformer i allmänhet – jämfört med oljan – kräver betydligt mer kapitalintensiva processer för omvandling till förädlad energi. Detta medför att kostnaden för förädlad energi får ett ökat kapitalkostnadsinslag. Som exempel på detta kan nämnas kärnkraftverken där bränslekostnaden utgör endast en bråkdel av den producerade energins kostnad. På samma sätt kan man konstatera att inom vissa områden på konsumtionssidan föreligger samma höga grad av utbytbart

het mellan energiförbrukning och kapitalinsats. Så t ex föreligger enligt en utredning<sup>1</sup> vid ett energipris motsvarande 16 öre/kWh ekonomiska förutsättningar för besparingsåtgärder som bringar ner energiförbrukningen för uppvärmning av småhus till en tredjedel, men med ökad kapitalkostnad som följd.

Vad som kan sägas utgöra en lämplig sammansättning av energi och realkapital bestäms således av

- energipris
- förräntningskrav
- investeringens livslängd

Förräntningskravet brukar i allmänhet ses som ett uttryck för bl a relationen mellan tillgång och efterfrågan på kapital, och man kan då konstatera att knapphet på energi på sikt torde komma att leda till ökat kapitalbehov, vilket i sin tur påverkar kapitalkostnaden. Denna effekt sammanlagras givetvis också med motsvarande effekter som kan förväntas kring andra tilltagande knappa naturresurser. En tilltagande kapitalknapphet kan därför inte bedömas som helt osannolik med en åtföljande svårighet att genomföra tekniska effektiviseringsåtgärder. Osäkerheten i bedömningen av det framtida energiprisets nivå gör också att bedömningen av investeringars ekonomiska livslängd utgör en större osäkerhetsfaktor än hittills.

Det kan i detta sammanhang vara värt att kort beröra andra substitutionsmöjligheter för industriellt producerad energi.

Ett utökat ianspråktagande av mänsklig kraft som ersättning för industriellt producerad kraft har volymmässigt ingen som helst betydelse och det torde ur social synpunkt alltjämt – även med höga energipriser – vara angeläget att med ökade energiinsatser ersätta mänsklig kraft. Även insats av animal kraft som ersättning för energi har ett mycket begränsat tillämpningsområde och sett ur energisynpunkt torde det vara så att den energi som åtgår för att kunna producera animal eller mänsklig arbetskraft vida överstiger det möjliga uttaget.

Vissa råvaruprocesser kan drivas med minskad energiinsats men med motsvarande försämring av utbytet hos produktionsprocessen och åtföljande ökad råvaruåtgång. Med hänsyn till tilltagande knapphet på de flesta råvaror syns det inte rimligt att i någon större utsträckning ersätta energi med ökat råvaruuttag.

### *Osäkerheten i tillämpning av och framgång för FoU*

Vid bedömningen av olika forskningsinriktningar inom energiområdet utgör å ena sidan den tekniska realiserbarheten och å andra sidan sidoeffekter av miljötyp svårbesvarade frågor.

Till de områden där frågan om den tekniska realiserbarheten står i förgrunden hör t ex fusionsenergin. För vissa andra energislag utgör själva

<sup>1</sup> Referens 36.

processerna inte något osäkerhetsmoment, utan som sådant framstår snarare de sidoeffekter som kan uppstå. Exempel härpå är t ex torvtvinnings påverkan på det hydrologiska systemet.

### *Statsmakternas energipolitik*

Energiprogramkommittén har inte till uppgift att framlägga förslag rörande en allmän energipolitik. Således ligger t ex rekommendationer rörande den önskade utvecklingen av energikonsumtionen liksom ställningstagande till fortsatt utbyggnad av kärnkraften utanför kommitténs uppdrag att behandla. När statsmakterna tar ställning i dessa frågor – eller i andra frågor av energipolitisk natur – får detta konsekvenser för FoU-programmets genomförande emedan FoU är ett av de viktiga medlen att förverkliga uppställda mål.

Statsmakterna står för närvarande i begrepp att ompröva energipolitiken och utredningens uppgift kan närmast sägas vara att skapa underlag för detta genom att belysa möjligheterna att med FoU-åtgärder bidra till uppnåendet av olika mål. Programmet bör därför ha en sådan bredd att det kan belysa FoU som medel vid alternativa handlingsvägar.

#### *6.2.2 FoU-programmets avgränsning gentemot grundforskning och produktutveckling*

Det program som kommittén lägger fram avser till stor del insatser inom tillämpad forskning och utveckling.

Enligt många bedömares uppfattning ligger stora upptäckter inom naturvetenskapen framför oss trots den utveckling som vi upplevt. En rad fundamentala fenomen är uppenbarligen ännu inte tillfredsställande belysta; t ex gravitationskraften vars natur och innersta mekanismer inte är kända. Praktiskt taget alla stora upptäckter inom naturvetenskapen har fått konsekvenser för energiområdet – i och för sig naturligt med hänsyn till de grundläggande sambanden mellan materia och energi. Även om sannolikheten för att nya grundläggande upptäckter skall leda till snabbt realiserbara energifördelar inte är stora, kan de på längre sikt ha avgörande betydelse för mänsklighetens energiförsörjning. Att försöka förutsäga inom vilka områden sådana upptäckter kan komma att göras är svårt för att inte säga omöjligt. Det har inte heller ingått i kommitténs uppdrag att försöka utvärdera vilka framtida bidrag den grundläggande forskningen kan ge till energiproblemens lösande. *Kommittén finner att en satsning på ett mer långsiktigt FoU-program för energiområdet oundgängligen måste vara förknippad med motsvarande satsning på en allmänt kunskapsutvidgande grundforskning.*

Många grenar av den tillämpade forskningen kommer också att vara av största betydelse för utvecklingen inom energiområdet utan att därför kunna pekats ut idag. Ett antal idag kända energiproduktionsprocesser, t ex bldreaktorn, är förknippade med svårigheter av bl a teknisk karaktär. För realiserande av dessa kommer framsteg inom t ex regler-

och materialteknik att vara av största betydelse. En av de lovande metoderna att realisera en fusionsreaktor för kraftproduktion är utnyttjande av laserteknik. Utvecklingen av lasern skedde med helt andra mål för ögonen.

Även många mindre dramatiska förändringsmöjligheter är beroende av dessa allmänna framsteg inom vetenskapen och är av samma betydelse som de stora upptäckterna.

Av ovan anförda skäl är det också angeläget att svensk tillämpad forskning på bred bas kan bevaka utvecklingen och vara beredd att utnyttja och bidra till den internationella forskningen vid nyöppnade möjligheter.

I den kedja av utvecklingssteg som leder från ideer till tillämpning har kommittén begränsat sitt program – i enlighet med direktiven – till FoU-arbete med klar målinriktning inom energiområdet. Kommittén har dock gjort en översiktlig bedömning av erforderliga tillskott i resurser på längre sikt för att kunna tillvarata nya framsteg inom grundforskning och tillämpad forskning som kan bli av betydelse för energiområdet.

Vid sitt studium av energiforskningsprojekt har kommittén kunnat konstatera att värdefulla forskningsresultat inte kommit till praktisk tillämpning beroende på bristande resurser att informera om och i praktiskt bruk demonstrera de gjorda framstegen. Kommittén finner därför att det är ett nödvändigt komplement till den mer renodlade forsknings- och utvecklingsverksamheten att omsätta lovande resultat i *prototyper och demonstrationsanläggningar*. En samverkan med intressenter inom förvaltning och näringsliv är av intresse i syfte att förkorta introduktionstid och minska ianspråktagandet av offentliga medel och forskningsresurser.

Långt drivna program som även omfattar utveckling fram till pilot- eller demonstrationsanläggningar är således naturliga inom energiförsörjningsområdet. Bl a inom lokalkomfortområdet bedömer kommittén värdet av en statligt stödd utveckling fram till demonstrationsanläggningar vara stort, för att man härur skall kunna erhålla underlag för de normer och bestämmelser med vars hjälp samhället måste styra lokalkomfortområdets utveckling ur energisynpunkt.

En mängd projektförslag som kommit kommittén till handa är av den karaktären att de utgör tekniskt väl kända men hittills inte ekonomiskt attraktiva alternativ. Offentligt stöd till produktutveckling i syfte att reducera tillverkningskostnaden till marknadsmässigt intressant nivå torde på kort sikt vara ett lika kraftfullt medel att främja energibesparing som mer forskningsbetonade insatser, men har legat utanför kommitténs uppdrag att behandla.

För att FoU-insatser skall leda till avsedda förändringar måste de följas av ovan nämnda genomförandeåtgärder. Utredningen har sökt indikera detta och i de fall där genomförandefasen bedömts ta omfattande resurser i anspråk har kommittén strävat efter att särskilt ange detta, även om resurserna inte ingår i själva programområdet.

För att uppnå de angivna syftena med huvudprogrammet kan i många fall *kortsiktiga genomförandeåtgärder baserade på befintliga FoU-resultat*

vara väl så effektiva som initiering av nya FoU-insatser. Detta har behandlats i expertmaterialet och i vissa fall har kommittén funnit betydelsen av sådana omedelbara insatser vara så stor att de särskilt lyfts fram i kap 7.

### 6.2.3 Avvägning av huvudprogrammets omfattning

Avvägningen av de belopp som kommittén föreslår som stöd till olika program, dvs det som här har benämnts programmets omfattning, har baserats på bedömningar om

- förändringens angelägenhetsgrad
- betydelsen av FoU-insats
- realiserbarhet
- den offentliga sektorns roll och ansvar inom området
- möjligt samspel med internationell forskning
- befintliga FoU-resursers storlek och kompetens.

Detta gör att de medel som kommittén föreslår anvisas inte får ses som ett uttryck för en prioritering av värdet av olika förändringar ur energiförsörjningssynpunkt. Kommitténs förslag till resurstilldelning har i många fall begränsats av de under de närmaste åren tillgängliga resursernas storlek.

De omfattande FoU-åtgärder som flertalet industrinationer initierat gör att en mängd värdefulla framsteg kommer att finnas tillgängliga helt oberoende av de svenska insatserna.

*Det finns därför skäl för att med stor bredd följa forskningsresultatet i andra länder med utnyttjande av möjligheterna till ett svenskt stöd till internationella FoU-program, för att medge en viss styrning och för att underlätta inhämtande av framkomna resultat.*

Där stora internationella satsningar redan initierats bör svensk forskning i stor utsträckning repliera på dessa, medan mer djupgående svenska insatser bör koncentreras till områden med för Sverige specifika problem, eller där Sverige genom sin kompetensprofil har goda förutsättningar att lämna värdefulla bidrag till den internationella utvecklingen.

Kommittén har även noterat likheten i vissa problemställningar för de nordiska länderna t ex inom lokalkomfortområdet. Inom detta område har också redan ett nordiskt samarbete inletts.

En koncentration av programmet enligt ovan angivna riktlinjer ger större möjligheter till långt driven utveckling av resultaten för att nå snabbast möjliga genomförande av önskade förändringar.

Det finns på energibesparingssidan uppenbara svårigheter att avgränsa renodlat energiinriktade projekt från sådana som har karaktären av allmänteknisk utveckling. Många projekt har också sådan karaktär att det torde finnas företagsekonomiska incitament att bedriva FoU-verksamheten. I sådana fall har kommittén bedömt att det ligger närmare till hands att statsmakterna förstärker incitamentet till utveckling med andra medel än med FoU-stöd ur energiprogrammet.

Under arbetet har förslag till energibesparande åtgärder framförts som



kommittén funnit angelägna men som har liten anknytning till FoU-området. Dessa åtgärder har inte medtagits i program och betänkande men finns dokumenterade i expertmaterialet. Det marginella behovet av FoU torde i dessa fall täckas på andra vägar än genom ett FoU-program av den art kommittén framlägger.

För att det föreslagna programmet skall vara genomförbart har stor vikt lagts vid att inte överdimensionera insatser på kort sikt. Vägledande har därvid varit tillgängliga FoU-resursers storlek. På vissa områden har kommittén funnit att speciell svensk kompetens föreligger. Satsningar på dessa områden avser att utnyttja denna kompetens och därmed ge ett svenskt bidrag till den internationella forskningen.

Programmet har en med tiden avtagande precision i angivelserna av belopp och inriktning inom programområdena. Detta är betingat av den stora andelen forskningsprojekt av kartläggande karaktär. När resultaten av dessa projekt framkommer och en energipolitik för 1970- och -80-talen fastlägges är en koncentration av programmets innehåll önskvärd. Omfattningen av FoU-stödet kan och behöver öka utan att kommittén idag har möjlighet att precisera inom vilket delområde en sådan fördjupning bör ske. Av detta skäl har kommittén på programnivå markerat vissa långsiktiga satsningar som inte kan specificeras till delprogram även om en delprogramindelning föreligger.

*Utredningen har i sitt programförslag arbetat med en indelning i följande alternativa ambitionsnivåer:*

1. Bevaka FoU i syfte att kunna värdera utvecklingen i omvärlden.
2. Bedriva FoU i syfte att upprätthålla en kunskapsberedskap för att kunna tillvarata tänkbara framsteg eller möta en oväntad utveckling.
3. Bedriva systeminriktad FoU för att skapa bättre förståelse för olika systems funktioner i syfte att ge beslutsunderlag och rekommendationer för åtgärder till beslutsfattare i olika positioner.
4. Bedriva FoU i syfte att följa upp erfarenheter och effekter från pågående drift, försök och annan forskning (nationellt – internationellt) och återföra detta till beslut eller genomförande.
5. Bedriva FoU i syfte att nå uppställda/eftersträlvade mål genom att
  - fastställa principiella lösningar
  - överbrygga delproblem vid utveckling till praktiska lösningar
  - utveckla och i praktiska prov visa olika lösningars effektivitet och egenskaper
  - fullskaligt genomförande och uppföljning av detta.

Man kan därutöver skilja mellan stöd till inhemska svenska projekt och stöd till internationella projekt. De förra kan bedrivas i ett uteslutande svenskt program eller som en del av ett internationellt samarbete baserat på nationella projekt. De senare kan kompletteras med stöd till svensk forskning för att hämta hem och anpassa de erfarenheter som internationella projekt ger.

## 6.3 Programstruktur

### 6.3.1 Kriterier för programindelning

Utredningen har vid sin indelning av huvudprogrammet i program och delprogram tillämpat ett antal olika kriterier av vilka de viktigaste är

- förändringsmålets art
- organisatoriskt ansvar
- forskningsresursernas karaktär
- förändringens tidsperspektiv

Dessa kriterier behandlas i den följande framställningen i tur och ordning. Målet för ett enskilt FoU-projekt kan beskrivas genom den kunskapsuppbyggnad det bidrar till. Vid indelningen i program/delprogram har dock inte de tänkta projektens *FoU-mål* varit styrande utan i stället har programmen strukturerats med hänsyn till de förändringar som FoU-insatsen syftar till att åstadkomma. Dessa *förändringsmål* – som således med olika grad av förfining kan anges för de olika delprogrammen – är i sin tur relaterade till de tre i kap 1 nämnda syftena för hela huvudprogrammet. Ett förändringsmål kan således uttryckas i termer som energibesparing eller kostnadsbesparing. Det har vanligen inte gått att uttrycka förändringsmålen i kvantifierbara termer utan kommittén har fått nöja sig med att ange principiell inriktning och omfattning. I expertmaterialet har för vissa delområden ansatser med kvantifierade förändringsmål (vanligen uttryckta i termer av producerad eller sparad energi) dock gjorts.

Åtgärder som det med hänsyn till deras effekt på den totala energiförsörjningen eller andra konsekvenser har funnits anledning att särskilt framhålla har kommittén sökt markera genom egna program eller delprogram. Vissa programelement kan bidra till flera mål. För att inte onödigtvis splittra redovisningen har dessa programelement hänförs till det område där deras betydelse ur energisystemsypunkt synes vara störst.

Programstrukturen har sin betydelse för styrning av programmets genomförande, den framtida programuppföljningen och programvården. Programindelningen kommer att – beroende på sin utformning – ställa olikartade krav på *anslagsfördelande organs ansvar, kompetens och kapacitet* för att de skall kunna rätt värdera FoU-insatsernas betydelse. I vissa fall har kommittén funnit att den struktur som ur målsynpunkt synes lämplig också utgör en lämplig indelningsgrund med hänsyn till befintliga anslagsfördelande organ. Konsekvenserna av detta belyses vidare i kap 8.

De olikartade problem som skall lösas inom ramen för ett forskningsprogram kräver olika kompetens hos forskarna samt olika typer av utrustning i laboratorier och gör också olika organisatoriska former mer eller mindre lämpliga hos forskningsorganisationen. För att underlätta resursbedömningar och för att på enskilda forskningsorganisationer lägga ut ett större sammanhållet ansvar har kommittén eftersträvat att vid indelningen i delprogram ta hänsyn till *forskningsresursernas karaktär*.

Den valda programstrukturen medför dock att insatser inom olika vetenskapliga discipliner inte alltid kan hållas samlade. I vissa fall är denna tendens till behov av interdisciplinär forskning så stor att den sannolikt bör återverka på sammansättningen av de organ som skall genomföra forskningen.

I FoU-programmet har endast medtagits sådana åtgärder som enligt kommitténs uppfattning bör starta omedelbart. De FoU-insatser som stöds av programmet kommer dock att slå igenom i form av realiserade förändringar vid mycket olika tidpunkter. Det föreligger å ena sidan ett behov av kortsiktiga åtgärder för att säkra Sveriges tillgång på energi och å andra sidan ett behov av långsiktiga åtgärder för att skapa nya energikällor och bättre hushållning med energin. Det är därför önskvärt att programstrukturen byggs upp så att förändringsåtgärdernas tidsperspektiv kan redovisas. Härigenom skapas möjligheter för en lämplig avvägning av FoU-åtgärder med hänsyn till förändringarnas genomslagskraft. *Tidsperspektivet* har främst tillåtit påverka delprogramindelningen så att — där det ur mål- och organisationssynpunkt varit möjligt — huvudsakligen kortsiktiga FoU-åtgärder respektive huvudsakligen långsiktiga sådana grupperats i skilda delprogram. Inom det i kap 7 presenterade energiproduktionsprogrammet är således delprogrammet för konventionell elkraftproduktion huvudsakligen av kortsiktig karaktär medan delprogrammet för övriga energislag är av långsiktig karaktär.

### 6.3.2 FoU-programmens karaktär inom olika verksamhetsområden

Förutom de i kap 1 angivna skillnaderna i målstrukturen skiljer sig den energiproducerande sidan av energiförsörjningssystemet från den energi-användande genom den stora olikheten i områdenas intressentstruktur. Verksamheten på producentsidan i Sverige domineras av ett litet antal relativt stora företag varvid vissa har tekniska eller administrativa monopol och ofta står under offentligt inflytande. Utvecklingen inom området tyder också på ett intresse såväl från statsmakterna som från kommunal förvaltning att ta ett ökat ansvar för energiproduktionen. Samtidigt finns betydande intressen hos internationella bolag, främst då oljebolagen. Oljebolagen svarar för en mycket stor volym av landets energiförsörjning, men även inom detta område kommer man i framtiden sannolikt att ha ett icke oväsentligt offentligt intresse.

Varje form av betydande strukturell förändring av energiproduktions-systemet förefaller vara beroende av ett offentligt stöd eller initiativ för sitt förverkligande.

Huvuddelen av den FoU som erfordras för att klarlägga och förverkliga en effektiv energiproduktion bör därför sammanhållas i ett statligt FoU-program för energiområdet. Detta innebär att även FoU som har karaktären av produktutveckling på ett naturligt sätt kan ingå i ett sådant program.

En omläggning av energipolitiken i riktning mot en ökad sparsamhet med energi innebär att statsmakterna även måste ta ett ökat ansvar för konsumtionsutvecklingen inom energiområdet. Energiproduktions-

systemet centreras av naturliga skäl kring sin produkt — energi i olika former — och varje led i denna process är därför av intresse ur energisynpunkt. På användningssidan blir bilden däremot mer heterogen. Vissa områden har en så stark koppling till energi att man på ett systematiskt sätt kan sammanföra insatser till program i energibesparande syfte. Detta kan sägas gälla t ex transporter och lokaluppvärmning.

För transporter är det tekniska syftet att effektivt omvandla kemiskt bunden eller annan energi till mekanisk energi för förflyttning av varor, gods och personer och för lokaluppvärmning är det ett huvudintresse att nå en effektiv omvandling av energi till värme och att minska förlusterna av insatt energi.

Detta ställer krav på ett ökat statligt ansvarstagande som inte bara innefattar FoU-stöd utan även incitament och andra styrmedel som kan utnyttjas för att främja energirationalisering och energibesparing.

EPK:s förslag till FoU-insatser på användningssidan får ses som en första inventering av tänkbara och lämpliga projekt. En satsning efter dessa riktlinjer kan enligt EPK:s mening ge betydelsefulla resultat, särskilt inom lokalkomfortsidan. Arbetet med att utnyttja FoU för ökad energibesparing kan emellertid inte göra halt vid detta. Nästa steg kan bli att närmare analysera vilka förändringar som kan vara nödvändiga för att driva fram mer omfattande energibesparingsinsatser. Sådana förändringar kan innefatta olika slags stimulanser och incitament i form av förändrade skatte- och taxeregler.

Detta gäller särskilt industrisektorn. Här föreligger idag möjligheter till energiekonomisering vilka i allmänhet inte kräver större insatser av FoU. Vidare finns klara möjligheter till ett utnyttjande av spillvärme, till vilket särskilda FoU-insatser knutits, samt till mer återanvändning, vilket också i allmänhet är energibesparande. Större projekt för processändringar inom den verkligt energikrävande delen av industrin är emellertid fåtaliga. Sådana processförändringar har ett givet sammanhang med industrins struktur och marknadsförutsättningar.

Önskemålet om ökade energibesparingar och därav föranledda satsningar på FoU för energibesparande processförändringar är bara en av de faktorer som industrin måste väga in vid beslut om investeringar och FoU. Högre marknadspris på energi ger givetvis incitament till energibesparingar men det är knappast realistiskt att räkna med att detta räcker för att driva fram ett aktivt sökande efter kostsamma och riskfyllda FoU-projekt med sikte på processförändringar i energibesparande riktning. Här finns således ett gap mellan företagsekonomiska kalkyler på kort eller medellång sikt och vad som från allmänna utgångspunkter kan te sig önskvärt på längre sikt (t ex av miljöskäl). Det finns flera möjligheter att påverka storleken av detta gap och därigenom också stimulera fram FoU. Hit hör dels förändringar i de marknadsekonomiska ramarna (skatter, avgifter), dels direkta statliga insatser för FoU.

Kommittén har, som framgått av det ovanstående, inte haft möjlighet att inom ramen för sitt utredningsuppdrag genomföra analyser av detta slag. Det är i sig i själva verket en forskningsuppgift av det slag som ligger inom sektorn systemanalys. Kommittén vill emellertid understryka

betydelsen av att sådana analyser kommer fram förhållandevis snabbt, eftersom statsmakterna därigenom kan få instrument att mera aktivt driva fram en energibesparande FoU-satsning.

Den energi som nedlagts vid produktion av varor kan till viss del återvinnas genom att produkterna – efter att ha fyllt sin funktion – återföres till produktionen som råvara eller genom att deras värmeinnehåll utnyttjas som bränsle. Detta område har stark anknytning till miljöfrågorna och knappheten på övriga naturresurser.

Samhällets olika system för energiproduktion och energianvändning samverkar på ett komplext sätt med varandra och påverkar även samhällets övriga funktioner. Kommittén har funnit ett stort behov av övergripande systemstudier. Systemstudier synes vara särskilt aktuella inom områdena energiproduktion, lokalkomfort och transporter men är genom sin karaktär vanligen tvärgående och täcker hela energiförsörjningssystemet. De systemstudier som är nödvändiga för att nå en klarare överblick över energins roll i olika delar av samhället utgöres dels av studier med inriktning på ekonomi, samhälls- och beteendevetenskap, dels av mer tekniskt inriktade systemstudier.

Med hänsyn till de kriterier som kommittén funnit lämpliga för programindelningen (6.3.1) har följande programstruktur valts

- Energiproduktion
- Energianvändning i industriella processer
- Energianvändning för transporter och samfärdsel
- Energianvändning för lokalkomfort – boende och arbetsmiljö
- Återvinning av energi i varor
- Allmänna energisystemstudier

Avgränsningen av programmen och en närmare beskrivning av deras innehåll framgår av respektive programs behandling i kap 7 där också motiven för den valda programstrukturen ytterligare belyses.

## 7 Kommitténs programförslag

I detta kapitel behandlas kommitténs förslag till anslag för statligt stödd FoU för energiområdet med den indelning i program som angivits i moment 6.3.2.

En mer detaljerad inriktning av FoU-insatserna har endast varit möjlig att göra för en kortare tidsperiod. De konkret föreslagna FoU-insatserna är i många fall sådana att de i stort kan avslutas inom ramen för ett tioårsprogram. Det förhållandet att det inom vissa program kan utläsas ett avtagande medelsbehov för forskning får inte tolkas så att det totala behovet av forskning inom energiområdet skulle avta. Det är kommitténs bestämda uppfattning att ett successivt ökat behov av forskning kommer att uppstå. All erfarenhet talar också för att, när resurser byggs upp och inledande FoU givit bättre kunskap om lämplig fortsatt inriktning av forskningen, ökar behovet av såväl personella som materiella resurser. Det ökande behovet kan dels avse att lösa delproblem som kommit i dagen vid fortsatt forskning, dels uppkomma genom att projekt kommer in i en mera kostsam utvecklingsfas. Nya resultat av grundläggande forskning kan skapa nya möjligheter och därmed även ökat behov av resurser.

Bedömningarna av möjliga insatser på kort sikt har påverkats av de tillgängliga resursernas storlek. För att kunna genomföra programmet i sin helhet bör parallellt med fortsatt programarbete ägnas uppmärksamhet åt att utveckla förutsättningarna för att skapa tillräckliga resurser. Universiteten och högskolorna spelar här en central roll.

Om resurserna skall kunna utvecklas på det sätt som kommittén avser, erfordras en förstärkning av den högre utbildningens basresurser.

Kommittén betonar inom många områden behovet av att följa internationell forskning och i vissa fall har explicit angivits förslag till medel för sådana aktiviteter. Även härvid spelar forskningen inom universitet och högskolor en viktig roll, där basresurserna ytterligare kommer att tas i anspråk.

Kostnader för ökade basresurser för utbildning och forskning ingår inte i de av kommittén föreslagna beloppen. Vid remissbehandlingen bör dessa kostnader belysas.

Förutsättningen för att resurser skall kunna ökas eller föras över till energiområdet är att FoU-beställande organ lägger ut långsiktiga program på de olika forskningsutförande organisationerna. I långsiktigheten måste självklart också ingå finansiella åtaganden i samband med beställningarna.

Programorgan bör därför ges bemyndigande att lägga ut fleråriga FoU-beställningar.

I kommitténs uppdrag har inte ingått att studera den grundläggande forskningens betydelse för framtida målinriktad energiforskning. Kommittén förutsätter dock att forskningsråden – särskilt NFR – i samband med remissbehandlingen av detta betänkande analyserar behovet av grundläggande forskning och långsiktig kompetensutveckling och gör erforderliga framställningar härom. Härvid bör även beaktas frågor som ligger utanför de specifikt svenska energiförsörjningsproblemen, t ex den globala ekologiska påverkan av energiutnyttjandet, men där Sverige bör kunna lämna ett bidrag till den internationella verksamheten.

Inom flera områden har kommittén betonat vikten av att omsätta FoU-resultaten i försöks- och demonstrationsanläggningar i del- eller fullstor skala. Vidare krävs för vissa ändamål ökade laboratorieresurser. Erforderliga medel härför ingår inte i programförslagen. Vid fortsatt programarbete bör en precisering av dessa kostnader ske i tidigast möjliga skede.

Ett genomgående drag i praktiskt taget allt expertmaterial är betoningen av att de väsentliga besparingarna inom energiområdet står att finna i ett systemmässigt angreppssätt på energiproblemen. Detta har också kommit att prägla programuppbyggnaden genom att det på olika nivåer föreslås ökade anslag till systemstudier. För att bringas till en helhet måste systemstudierna koordineras och inriktas mot enhetliga mål. Kopplingen mellan de olika programmen samt mellan energiförsörjningssystemet och samhället i övrigt inrymmer under programmet *Allmänna energisystemstudier*. Gränsdragningen mellan systemstudier på olika nivåer är svår att precisera och det ligger också i sakens natur att en viss överlappning bör förekomma. Huvudinriktningen för respektive område anges dock i detta programförslag.

## 7.1 Energitillagring

På grundval av de kriterier för indelning av program som redovisats i moment 6.3.1 har kommittén funnit det lämpligt att indela energitillagringssystemprogrammet i följande delprogram

- fissionsenergi
- konventionell elkraft- och värmeproduktion
- spillvärmeutnyttjande
- olja och naturgas
- organiska bränslen som substitut för olja
- nya energisystem
- övriga energislag

Vissa av delprogrammen innehåller FoU som främst syftar till grundläggande bedömningar om realiserbarhet. Detta gäller t ex geotermisk energi och vindenergi. Osäkerheten beträffande möjligheterna att utnyttja dessa energislag är för svensk del stor.

Andra delar av programmet kan enligt experternas bedömningar finna tillämpning först på så lång sikt att de inte utgör möjliga komponenter i ett svenskt energiförsörjningssystem inom överblickbar tid. Detta gäller t ex fusionsenergi, solenergi och de energisystem som baseras på t ex en väteekonomi. Dessa delar av programmet, som sammanförts till rubrikerna Nya energisystem och Övriga energislag, kan på grund av sin prospektiva karaktär värderas fristående från de övriga delprogrammen som berör befintliga eller inom en närmare framtid tänkbara element i det svenska energiproduktionssystemet.

Övriga delar inom FoU-programmet Energiproduktion berör områden vars utveckling kommer att vara avgörande för strukturen i ett framtida svenskt energiförsörjningssystem. För att rätt kunna värdera dessa områden och deras behov av FoU måste de sättas in i sitt systemmässiga sammanhang.

I det följande avsnittet redovisas kommitténs syn på möjliga utvecklingar av energiproduktionssystemet. Avsikten med beskrivningen är att betona

- viktiga komponenter i systemet som erfordrar FoU för att förverkliga ett mindre beroende av oljan
- behovet av FoU med systeminriktning
- nödvändigheten av att FoU bedrivs med utgångspunkt från en systemsyn.

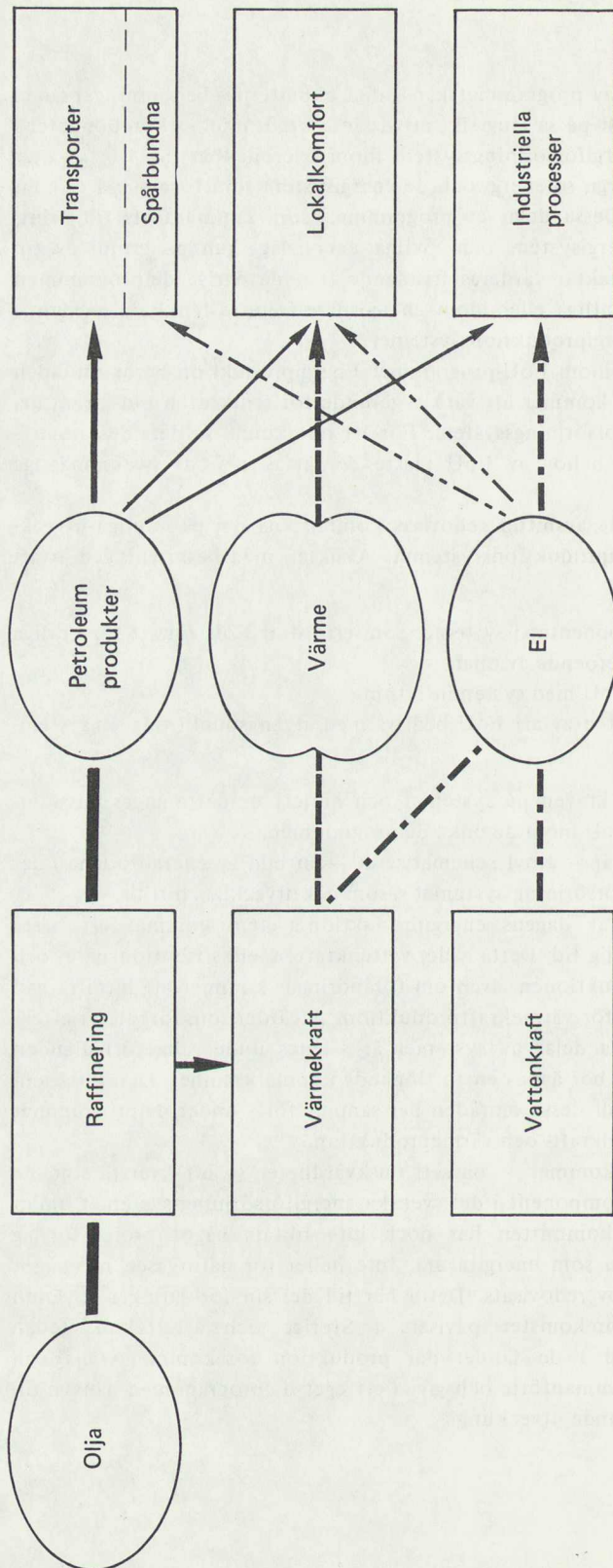
Därefter anges kraven på systemet och härlett ur detta anges huvudinriktningen av FoU inom de olika delprogrammen.

Figur 7.1 visar – grovt schematiserat – en bild av energiflödena i det svenska energiförsörjningssystemet såsom det utvecklats hittills.

Vissa delar av dagens energiproduktionssystem kommer att bestå under överskådlig tid. Detta gäller vattenkraften, eldistributionsnätet och värmekraftproduktionen, även om förändringar kommer att inträffa vad gäller bränslen för värmekraftproduktion. Åtgärder som förbättrar effektiviteten i dessa delar av systemet är således under alla förhållanden intressanta och bör ägnas en fortlöpande uppmärksamhet. Den FoU som kan hänföras till dessa områden har sammanförts under delprogrammet Konventionell elkraft- och värmeproduktion.

Även oljan kommer – oavsett önskvärldheten – att kvarstå som en dominerande komponent i det svenska energiförsörjningssystemet under lång tid. Till kommittén har dock inte riktats något projektförslag beträffande olja som energiråvara. Inte heller för naturgasen har något stort FoU-behov redovisats. Detta har till del sin förklaring i att ännu inga större förekomster påvisats i Sverige och att teknik redan finns utvecklad i de länder där produktion förekommer. Olja och naturgas har sammanförts och givits ett eget delprogram med hänsyn till tänkbar kommande utveckling.





Figur 7.1: Energiflöden i det svenska energiförsörjningssystemet.

### *Utnyttjande av energins potential*

Ett studium av delsystemen i den svenska energiförsörjningen visar att vart och ett av dessa har en relativt långt gången teknisk utveckling och ligger på en hög internationell kvalitetsnivå. Betraktar man energisystemet i dess helhet blir bilden dock en annan. En sådan analys har gjorts i kapitel 2, men kan vara värd att rekapitulera i detta sammanhang.

Energiutnyttjandet har två dimensioner, dels utnyttjandet av värmemängden som sådan, dels utnyttjandet av värmefallet vilket spelar roll vid bedömningen av energiutnyttjandet. Vissa processer, t ex elkraftgenerering, kemiska processer, metallsmältning, arbetar med ett högt temperaturintervall, medan andra och då främst lokaluppvärmning endast kräver låga temperaturintervall.

Alla organiska bränslen ger vid förbränning höga temperaturer, vilket innebär att man för den stora andelen olja som går direkt till uppvärmning av lokaler inte utnyttjar värmefallet från hög- till lågtemperatur utan endast värmen i det låga intervallet. Utnyttjandet av elenergi för uppvärmning av lokaler utgör ytterligare ett exempel på användning där högpotentiell energi användes för lågkvalificerat bruk.

I värmekraftverken och vissa industriella processer användes endast det höga temperaturintervallet och när värme når de lägre intervallen kyls det i många fall bort och går till spillo. Möjligheterna till kombinerad elkraft- och värmeproduktion (mottrycks kraft) i syfte att utnyttja den totala energipotentialen används idag i ökande utsträckning genom fjärrvärme till bostäder. Dock utgjorde av värmekraftproduktionen 1973 endast ca 35 % mottrycks kraft. En ökande andel kärnkraft, där f n inget lågtemperaturvärme utnyttjas, kommer att förskjuta denna andel till ett lägre utnyttjande av energipotentialen.

Varje form av energiproduktion innebär en belastning på miljö och naturresurser och är förenad med risker av olika slag. Även om alla rimliga åtgärder vidtas för att reducera dessa effekter, så förbrukas värden som inte kan ges uttryck för i den ekonomiska bilden. Ett utnyttjande av den fulla potentialen hos den producerade energin måste ses även ur denna aspekt vilket ytterligare accentuerar området vikt.

Ett högradigt utnyttjande av energipotentialen i den till energisystemet tillförda primärenergien förutsätter förändringar i systemets struktur som inte bara omfattar värmekraftproduktion. Även energianvändningen inom t ex skogs- och stålindustri ger möjligheter till spillvärmeutnyttjande. Ett ökat uttag av industriell mottrycks kraft bör också kunna ge värdefulla tillskott i energibalansen.

Många av de problem som är förknippade med ett system för lågtemperaturvärme, t ex avseende värmeväxlare, värmepumpar och distribution av värme, är gemensamma med dem som gäller för intern värmeåtervinning inom industrin. FoU-satsningar på ett lågtemperatursystem för tillvaratagande av spillvärme ger därför även återverkningar på industrins möjligheter till intern energibesparing.

Det nuvarande systemets brister i detta avseende beror på de hittillsvarande teknisk-ekonomiska förutsättningarna men även till stor del på

att det inte funnits en tillräcklig marknad att avsätta och köpa lågtemperaturvärme på. Det är kommitténs uppfattning att åtgärder i syfte att klarlägga förutsättningarna för att radikalt utvidga denna marknad till ett mer omfattande lågtemperatursystem för lokaluppvärmning bör prioriteras högt.

På grund av områdets stora vikt, behovet av systemsyn och det relativa oberoendet av övriga förändringar har kommittén valt att sammanföra FoU-åtgärder avseende lågtemperatursystem till ett delprogram benämnt Spillvärmeutnyttjande.

#### *Alternativa bränslen och deras användning i energiproduktionssystemet*

Ovan har berörts möjligheterna till effektivare utnyttjande av värmepotentialen för elkraftproduktion, industriella processer och lokaluppvärmning, oavsett vilka former av primärenergi som används. Ett effektivare utnyttjande av energipotentialen är emellertid inte tillräckligt för att i önskvärd utsträckning kunna minska beroendet av oljeprodukter. Alternativa bränslen — importerade eller inhemska — är en förutsättning för att nå detta mål. Uran utgör ett av alternativen och behandlas på annat ställe. De övriga kan sammanfattas under begreppet organiska bränslen.

Kommitténs arbete har berört ett stort antal primärenergiformer som kan bli aktuella för svenskt vidkommande. En genomgång av tänkbara alternativ till olja visar att substitutionen rimligen måste ske genom utnyttjande av en mångfald av bränsleslag.

De organiska bränslen som främst är intressanta är importbränslena kol och naturgas samt de inhemska bränslena torv, skiffer, ved och avfall av olika slag.

En viktig fråga är hur olika energislag kan inlemmas i ett svenskt energiförsörjningssystem. Karakteristiskt för oljeprodukterna är att de via relativt enkla konverteringar kan föras direkt ut till användarna som kan lagra dem enkelt och effektivt samt förbruka dem i den takt behovet kräver. Inget av de alternativa bränslena uppvisar samma grad av universalitet som oljeprodukter. En spridning av alternativa fasta bränslen — t ex kol, torv, ved — till ett direkt utnyttjande av energianvändarsidan i likhet med det sätt varpå oljan idag utnyttjas skulle innebära problem av flera slag. Dessa bränslen har nackdelar ur hanterings- och lagringssynpunkt och medför ofta en belastning på miljön genom aska, sot och svaveloxider i rökgaserna. Användning av fasta bränslen som ersättning för drivmedel är förenad med uppenbara problem. Problemen kan lättare bemästras vid utnyttjande av dessa bränslen i större anläggningar. Övergång från ett bränsle till ett annat är också lättare att åstadkomma på detta sätt. Större anläggningar medger bättre verkningsgrader samt ett bättre utnyttjande av energipotentialen.

*Gasen* — och detta gäller såväl naturgas som syntetisk gas — är ett miljömässigt och tekniskt bra bränsle men det är förenat med andra problem att lagra och distribuera gas än olja. Gas för användning i större skala kräver distribution i gasnät. För lokaluppvärmningsändamål kan gasen tänkas täcka ungefär samma områden som ett tänkt lågtemperatur-

system, vilket enligt kommitténs bedömning utgör ett bättre alternativ. Även gas skulle således i första hand tillföras energiproduktionssystemet och industrier för processändamål.

### *Konvertering av organiska bränslen*

Vid användning i energiproduktionssystemet kan organiska bränslen nyttiggöras på två principiellt olika sätt. Den ena användningen är som bränsle för värmekraftproduktion. Bränslena kan förbrännas direkt eller konverteras till gas före bränningen, vilket av tekniska skäl ofta är att föredra. Den andra användningen består i att de förgasade bränslena konverteras till flytande bränsle, t ex metanol. Metanolen är ett bra substitut för oljeprodukter och även lämpad som drivmedel, antingen ren eller i blandning med bensin.

Även naturgas kan enkelt konverteras till metanol. Sådan konvertering anses vara lämplig för transport av naturgas över längre distanser och ett mer lönsamt alternativ än transport av LNG i tankfartyg. Import av naturgas konverterad till metanol kan bli aktuell för Sverige. Det är också möjligt att producera metanol genom fotolys och biosystem.

Metanolen kan utgöra ett led i effektiviseringen av energianvändningen på mindre orter där förutsättningar för lågtemperatursystem inte föreligger. Metanolen kan där användas som bränsle i ett disperst system, t ex bränslecellkraftverk, som lokalt – i mindre enheter – kan producera värme och elektricitet.

Enligt kommitténs bedömning utgör metanol framställd ur importerad eller inhemsk råvara ett mycket intressant förädlad energislag som enkelt kan nyttiggöras i ett svenskt energiförsörjningssystem. Möjligheterna att flexibelt använda alternativa bränsleråvaror förefaller vara goda, vilket ur beredskapssynpunkt är en värdefull egenskap.

Hela det komplex som omfattar råvaruutvinning och konvertering bör hållas samman i ett delprogram som benämnes Organiska bränslen som substitut för olja.

### *Flexibiliteten i energisystemet*

Flexibiliteten i energisystemet är inte endast en fråga om att enkelt kunna byta bränsleråvaror. Möjligheterna att variera andelarna av förädlad energi är också ett uttryck för flexibilitet.

För att energisystemet skall medge ett maximalt utnyttjande av den tillförda primärenergien är det viktigt att användningen av förädlad energi är i balans med produktionsapparatens förutsättningar. Vid värmekraftproduktion ger ett högt uttag av elektricitet ökad tillgång till värme och på samma sätt medger en ökad efterfrågan på värme ökad produktion av elektricitet. Värmekraftproduktionens primärbränslebehov kan tillgodoses med kärnkraft eller organiska bränslen och kärnkraften kan därför ersätta de organiska bränslena (inklusive olja) som då kan omvandlas till bränsle som drivmedel eller för bruk i dispersa system. Vattenkraften utgör ett värdefullt energislag genom att den kan lagras i vattenmagasin

(eller pumpkraftverk) och varierar snabbt vid växlande efterfrågan på elkraft.

Flexibiliteten i systemet begränsas dock av ett antal faktorer. Kärnkraft har ett så stort inslag av anläggningskostnad att den av ekonomiska skäl bör användas i kontinuerlig drift. Torven kan produceras och torkas till lägsta kostnad under sommarhalvåret. Mängden avfall från skogs- och jordbruk är också säsongberoende. System som baserar sig på fotosyntes kommer att variera i produktivitet beroende på den årliga variationen i solljus. Även vattenkraften uppvisar stora variationer i fråga om tillrinning under årets olika månader och mellan olika år.

En stor del av Sveriges energibehov är att hänföra till användning som kompenserar bristen på naturligt värme och ljus under vinterhalvåret. Även under dygnets olika delar varierar energibehovet. Dessa faktorer medför ett stort behov av att kunna lagra energi i olika former. Lagring av mekanisk energi i våra vattenmagasin och lagring av kemiskt bunden energi i olja utgör de hittills kända mest effektiva lagringsformerna för långtidsackumulering. Studier av lämpliga system för lagring av energi inom såväl långa som korta tidsperioder är av stor vikt för ett effektivt utnyttjande av primärenergi. Metanolen kan lagras relativt effektivt. Vätgas har ur denna synpunkt ännu värdefullare egenskaper. Några konkreta forskningsförslag kring lagring av energi utöver ackumulering av varmvatten i samband med värmekraftproduktion och studier av de möjligheter som ett metanolsystem erbjuder har inte framförts. Dessa frågor torde därför först studeras ur systemsynpunkt och behandlas i det följande under delprogrammet Nya energisystem.

### *Systemets stabiliserande effekt*

Utöver de tekniska fördelar som ett integrerat och systematiskt uppbyggt energisystem ger kan ett flexibelt energiproduktionssystem verka som en buffert för att ta upp och utjämna effekterna av fluktuationer i priser och tillgång på primärenergi. I systemet kan förändringar (störningar) i tillförsel och pris på något energislag kompenseras av andra energislag och effekterna kan spridas och medvetet fördelas på olika former av förädlad energi.

Ett energiproduktionssystem som är uppbyggt för att ge säker tillgång på givna energislag till stabilast möjliga priser är även av betydelse för användarnas åtgärder att utnyttja den förädlade energin på ett rationellt sätt. En misstro mot energiproduktionssidan att kunna fylla dessa krav kan skapa allvarliga svårigheter genom att användarnas ansträngningar att säkra sitt energibehov kan motverka ansträngningarna att effektivt utnyttja energin.

### *Systemkrav*

De systemkrav som kommittén finner vara lämpliga som utgångspunkt för värderingen och prioriteringen av FoU-behov är således sammanfattningsvis:

För att nå målen att öka och säkra tillförseln av energi bör energiproduktionssystemet

- utvidgas att kunna utnyttja fler energislag och fler leveranskällor för energi, såväl inhemska som utländska,
- ges högre grad av *flexibilitet* inte bara vad gäller utbytbarhet mellan primärenergislag utan även vad gäller leverans av förädlad energi,
- utnyttja *energipotentialen* i större utsträckning,
- kunna *konvertera primärenergien* till förädlade energislag som är funktions-, miljö- och hanteringsanpassade till användarnas behov.

De ovan angivna systemkraven kan appliceras på ett energiförsörjningssystem av den art som diskuterats i de föregående avsnitten och som framgår av figur 7.2. Jämfört med det hittillsvarande systemet, figur 7.1, kan konstateras förändringar bestående i

- kraftigt utvidgad lågtemperaturmarknad
- etablering av en metanolmarknad
- industrins inordnande i energiproduktionssystemet som leverantör av lågtemperaturvärme och mottryckskraft
- flexibelt utnyttjande av flera primärenergislag
- införandet av nya konverteringsprocesser för organiska bränslen.

### 7.1.1 Fissionsenergi

Fissionsenergi behandlas i ett separat delprogram beroende på FoU-insatsernas storlek och områdets speciella vikt.

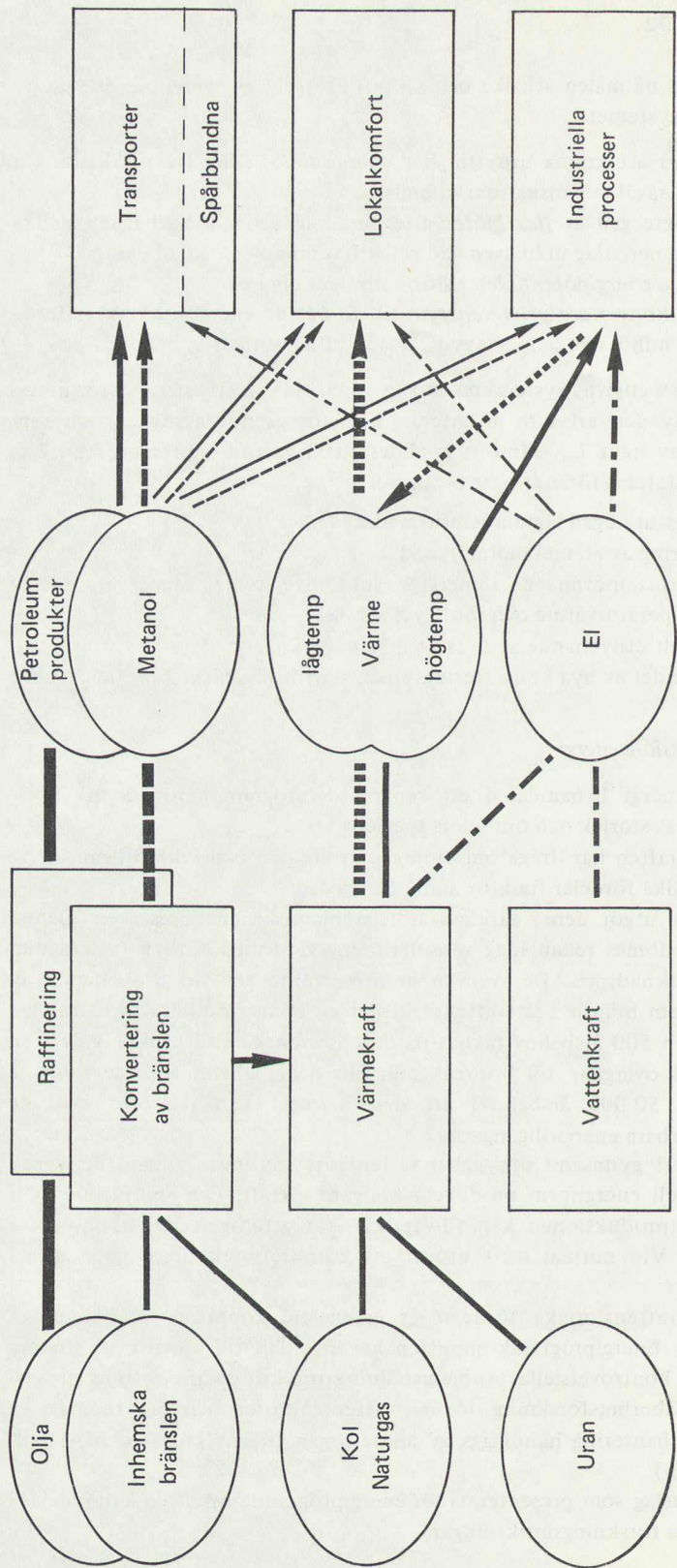
Kärnkraften har ifråga om möjligheter att öka och säkra tillgången på energi unika fördelar framför andra energislag.

Uranet utgör den i särklass största inhemska energireserven. Denna reserv bedömes redan idag vara utvinningsvärd med hänsyn till rådande världsmarknadspris. De svenska uranreserverna ger vid utnyttjande av uranet som bränsle i lättvattenreaktorer en elkraftproduktion i storleksordningen 500 årsbehov räknat på dagens svenska elförbrukning. Vid en eventuell övergång till bldreaktorer blir uthålligheten av reserverna så hög (ca 50 000 årsbehov) att den närmast kan jämföras med de regenererbara energitillgångarna.

Frånsett gynnsamt utbyggbar vattenkraft kan ingen annan för svensk del aktuell energiform producera billigare elkraft. Om spillvärmets från kärnkraftproduktionen kan tillvaratas ökar ytterligare det ekonomiska utbytet. Vid normal drift utövar ett kärnkraftverk liten inverkan på miljön.

Kärnkraftens unika fördelar är emellertid kopplade till lika unika problem. Energiprogramkommittén har inte haft till uppgift att studera de mest kontroversiella problemställningarna kring kärnkraftens utnyttjande. Säkerhetsforskning för lättvattenreaktorer och det radioaktiva avfallsets hantering handläggs av andra organ (Kärnsäkforsk och Aka-utredningen).

De förslag som presenterats för energiprogramkommittén kan indelas i fyra olika forskningsinriktningar.



Figur 7.2: Energiflöden för att öka tillförseln av energi i det svenska energiförsörjningssystemet.

- lättvattenreaktorer
- studier av framtida reaktortyper
- utvinning och anrikning av inhemskt uran
- övriga kärnbränslecykeln omfattande uppberedning av bränsle samt plutoniumåterföring.

Målet för den fortsatta forskningen kring *lättevattenreaktorer* är att konsolidera tekniken i syfte att öka tillgänglighet och livslängd hos reaktorerna. Drifterfarenheter skall bearbetas och frågor rörande materialpåverkan under drift utvärderas. Arbete med andra typer av tryckkärl utgör också föreslagna forskningsuppgifter.

Kommittén finner att dessa frågor är i vid bemärkelse säkerhetsinriktade och främjar ett riktigt utnyttjande av redan beslutad kärnkraftutbyggnad. Oavsett riksdagens beslut om fortsatt kärnkraftutbyggnad bör de närmaste årens föreslagna forskningsåtgärder genomföras. En låg kärnkraftutbyggnad kan på sikt medföra ett ökat behov av statligt stödd forskning kring lättvattenreaktorer genom att det kommersiella underlaget för vidareutveckling då minskar för den inhemska tillverkande industrin. Kommittén föreslår oavsett inriktningen i statsmakernas beslut beträffande kärnkraftutbyggnad en oförändrad omfattning av stödet under en 3-årsperiod med 24 milj kronor per år.

*Studiet av framtida reaktortyper* omfattar avancerade termiska reaktorer och snabba bridreaktorer. Målet för denna forskning är att skapa kompetens att kunna utvärdera utvecklingen i de länder där stora satsningar sker inom området. Utvärderingen skall resultera i beslutsunderlag till myndigheter och kraftindustrin samt ytterst till statsmakerna för framtida beslut. På grund av de stora satsningarna kring lättvattenreaktorprogrammet har sådana studier hittills bedrivits i mycket liten skala. Kommittén bedömer att forskningen kring nya reaktortyper bör utökas och speciellt inriktas på att studera säkerhetsproblem och egenskaper för kraftproduktion. De inledande studierna beräknas belöpa sig till 21,5 milj kronor under en tid av 3 år.

Kommittén förutsätter härvid ett fortsatt och utvidgat internationellt samarbete av den typ som redan nu bedrivs i Dragonprojektet.

Den fortsatta FoU-verksamheten kan bedömas först efter det att resultatet av de inledande studierna redovisats och ett principbeslut om kärnkraftens utbyggnadstakt föreligger.

Vid ett positivt utfall av studierna kring de avancerade reaktorernas säkerhet och övriga egenskaper samt ett beslut om fortsatt kärnkraftutbyggnad bör enligt kommitténs mening FoU-insatserna ges sådan tyngd att en första bridreaktor kan installeras i början av 1990-talet med understöd av en relativt bred kompetens inom landet. I ett sådant läge bör även högtemperaturreaktorer studeras i syfte att klarlägga deras användning för industriella processer.

Forskningen kring *utvinning av uran* syftar till att möjliggöra en inhemsk produktion av uran främst för att täcka det svenska behovet.

De i Billingen förekommande reserverna är som nämnts tillräckliga för att täcka landets behov av uran under lång tid. Omfattande prospektering



och geologisk forskning kring ytterligare uranförekomster kan kommittén därför inte finna energipolitiskt motiverad på kort sikt. En allmän kartläggning i enlighet med vad som föreslagits i expertmaterialet bör dock genomföras för att ge en bättre uppfattning om olika typer av uranmineraliseringar inom landet. Kommittén föreslår därför att stöd utgår med 3,5 milj kronor per år under en treårsperiod.

*Anrikning av uran* är givetvis av stor betydelse för våra möjligheter att säkra tillgången på energi. För att en anrikningsanläggning skall vara ett ekonomiskt intressant investeringsobjekt bedöms idag att en gascentrifuganläggning bör ha en anrikningskapacitet som motsvarar det svenska bränslebehovet vid mitten av 1980-talet enligt CDL:s utbyggnadsförslag.

För att säkra tillgången på anrikat uran kan en sådan anläggning motiveras även för mindre långt gången kärnkraftutbyggnad. Den nu pågående internationella teknikutvecklingen för centrifuganrikning har syftet att möjliggöra mindre anläggningar med god driftekonomi. Den av experterna föreslagna svenska forskningen bör därför under alla förhållanden drivas så långt att ett klarläggande av storlekens betydelse för uranbränslets kostnad kan redovisas. Projektet bör därefter omprövas i förhållande till den då rådande situationen beträffande kärnkraftens utbyggnad. Kommittén har dock i programmet föreslagit medel i sådan omfattning att projektet kan drivas intill att en kommersiellt organiserad intressentgrupp kan etableras för anrikningsverksamheten. Kommittén föreslår att medel tilldelas denna verksamhet med 17,6 milj kronor under de två närmaste åren. Kommittén finner det inte möjligt – med hänsyn till osäkerheten i utvecklingen beträffande tillgänglighet av anrikningstjänster, utbyggnadstakt för kärnkraft och möjligheterna att skapa en intressentgruppering kring anrikningsverksamheten – att ge en rekommendation om behov av långsiktigt stöd för verksamheten. En fortsatt forskning i syfte att bevaka utvecklingen av alternativ teknik för anrikning bör dock bedrivas. Medel för detta bör anslås med 0,4 milj kronor per år.

I expertmaterialet föreslås insatser kring förbättrad teknik för *upparbetning av uranbränsle*. Detta arbete bedöms av experterna som mycket intressant. Kommittén har inte haft i uppdrag att studera behovet av FoU för det högaktiva avfallet men förordar att det nämnda forskningsprojektet ges medel inom ramen för det program som handlägges av Aka-utredningen.

*Återanvändningen* – i lättvattenreaktorer – av det *plutonium* som extraheras ur bestrålat kärnbränsle är av stor betydelse som komplement till eller ersättning för anrikning och bör bli föremål för ytterligare forskning i syfte att klarlägga säkerhet, ekonomi, upphandling och kontroll av bränsle. Kommittén föreslår därför att det till forskningsverksamhet beträffande plutoniumåtervinning anslås 2,1 milj kronor under en treårsperiod.

### 7.1.2 Konventionell elkraft- och värmeproduktion

Målet för FoU inom området är främst att förbättra verkningsgraden för energiomvandling och distribution inom ramen för den redan etablerade delen av elkraftsystemet. Till delprogrammet hänföres således FoU beträffande vatten-, ång- och gasturbiner samt elgeneratorer. Överföring och distribution av elkraft utgör en viktig del där större framsteg kan uppnås.

Utöver FoU som syftar till verkningsgradsförbättringar bör sådana åtgärder som leder till ett ökat utnyttjande av de många mindre energikällorna inom området stödjas genom erforderliga FoU-insatser.

En fortsatt utbyggnad av vattenkraften medför ur teknisk synpunkt inget stort behov av FoU. Sådan FoU som minskar eller klarlägger miljökonsekvenserna vid ytterligare utbyggnad är dock angelägen men ligger utanför kommitténs område.

I sådana vattendrag där äldre utbyggnader för tillvaratagande av vattenkraft – t ex sågverk och kvarnar – kan användas, bör möjligheter till elkraftproduktion kartläggas. För de mindre vattenkraftstationerna bör det skapas förutsättningar för fortsatt drift när nuvarande utrustningar är förslitna.

Gränsdragningen mellan konventionell värmekraftproduktion och delprogrammen för Spillvärmeutnyttjande och Organiska bränslen är av naturliga skäl diffus. En klarare gränsdragning med programmens allmänna mål som utgångspunkt bör ske vid den tekniska beredning som leder till formulerandet av reella projekt.

Kommittén vill betona två viktiga områden som bör stödjas inom detta delprogram.

*MHD-generatorerna* kan bli av stor betydelse för att väsentligt förbättra verkningsgraden vid elkraftproduktionen, och stöd i enlighet med experternas förslag bör ges. Om utvecklingen går mot en starkt ökande andel kol och en låg utbyggnadstakt för kärnkraft, bör detta stöd kraftigt ökas i syfte att möjliggöra en tidig introduktion av MHD-generatorer i svensk energiproduktion.

Mer kortsiktigt bör ökad elkraftproduktion kunna åstadkommas genom bättre utnyttjande av värmefallet vid högttemperaturprocesser inom industrin genom *generering av mottrycks kraft*. FoU i syfte att kartlägga och genomföra detta bör fullföljas inom de närmaste två åren.

*Överföring av elkraft* är föremål för omfattande internationell forskning. Denna bedrivs efter två huvudprinciper för att minska överföringsförluster. Dels studeras möjligheterna till användning av supraleddare, dels eftersträvas en ytterligare höjning av överföringsspänningen. Den internationella utvecklingen kring supraleddning bör följas.

Vad gäller högre överföringsspänning har Sverige under lång tid intagit en internationellt ledande position. Vattenfall har enligt lag monopol på överföring av elkraft på det sk stamlinjenätet där denna teknik är applicerbar. Experternas förslag till stöd gäller delproblem inom denna överföringsteknik och den föreslagna forskningen bör enligt kommitténs mening genomföras.

För *konventionell elkraftproduktion* har Sverige utrustningstillverkande industri som i stort täcker området, vilket gör att FoU kan omsättas i konkreta resultat. Såväl kraftindustrin som den utrustningstillverkande industrin har ett väl utvecklat internationellt kontaktnät som gör det möjligt att följa den internationella utvecklingen.

Kommittén finner att forskning inom området konventionell elkraftproduktion måste samordnas med övrig FoU-verksamhet som bedrivs av Vattenfall inom detta område. Former för en koordinering av FoU-programmen bör klarläggas.

Kommittén föreslår – i likhet med experterna – ett belopp av 3 milj kronor per år under en treårsperiod.

### 7.1.3 *Spillvärmeutnyttjande*

Målet för FoU inom spillvärmeområdet är att utnyttja lågtemperaturvärme från värmekraftproduktion och industriella processer främst för uppvärmning av lokaler. Speciella ansträngningar bör ägnas åt tillvaratagande av spillvärme från kärnkraftverk så att inte möjligheterna försittes genom långt gången projektering med annan inriktning.

Ett av delmålen är utveckling av teknik för distribution av stora mängder varmvatten över stora avstånd samt distribution av värme inom stora ytor av bebyggelse i syfte att nå ett ökat avsättningsområde.

Forskningen bör vidare inriktas på studier av möjligheterna att tillföra spillvärme i redan befintliga uppvärmningssystem samt på lämpliga system för nybyggnation. Samverkan med området Lokalkomfort är därvid nödvändig. Tekniken för mätning av värmeförbrukning bör utvecklas. Utnyttjande av spillvärme från industrin erbjuder speciella problem i samband med återvinning av värme från t ex rökgaser och korrosiva vätskor. Även åtgärder som syftar till intern värmeåtervinning inom industrin bör stödjas inom detta delprogram. För att kunna utnyttja spillvärme med låga temperaturer erfordras förbättrad värmväxlar teknik och utveckling av tekniken för värmepumpar. Ackumulering av varmvatten för att utjämna produktion och efterfrågan utgör också ett viktigt område för FoU.

Ett mera fullständigt utnyttjande av spillvärme torde vara möjligt först på längre sikt genom planeringsåtgärder. Energiutnyttjandet vid olika lokaliseringar av industrier sinsemellan och i förhållande till tätortsbebyggelse bör studeras som stöd för sådan planering.

Åtgärderna inom området är till sin huvuddel inriktade på anpassning och vidareutveckling av känd teknik, varför medel för genomförande av prov är erforderliga redan på kort sikt. Forskningen inom detta område bör enligt kommitténs mening ges hög prioritet och en hög grad av stöd lämnas till såväl forskning som prov- och demonstrationsanläggningar.

Som stöd till forskning för spillvärmeutnyttjande föreslår kommittén 10 milj kronor per år under de närmaste fem åren och för de därpå följande fem åren 2 milj kronor per år.

#### 7.1.4 Olja och naturgas

Expertmaterialet upptar som tidigare nämnts inte några förslag till forskning om olja och oljeanvändning. Inte heller för naturgasen har det redovisats några stora behov av FoU. Detta har flera orsaker.

De största problemen kring användningen av olja ligger idag inom miljöområdet, t ex svavelhalten i oljan och oljeskador i vatten och mark. Forskningsfrågorna kring miljöproblem för de allmänt använda energislagen har kommittén inte behandlat i sitt FoU-program, då lösningen av dessa viktiga problem redan ägnats ingående analys inom ramen för naturvårdsverkets miljöprogram.

Tekniken för utvinning, transport, lagring och distribution av olja och gas är i stort utvecklad och kommersiellt tillgänglig. För naturgasen är det fortfarande en öppen fråga om den överhuvudtaget kommer att bli aktuell för svensk del.

Den pågående prospekteringen i Nordsjön – och kanske även den i Sverige – kan enligt kommitténs mening snabbt komma att medföra en förändring av situationen. Vilka speciella FoU-behov som kan bli aktuella att täcka för svensk del har kommittén inte närmare analyserat, varför inga medel föreslås särskilt anslagna till detta delprogram. Vid uppkomna behov av FoU bör medel anvisas från huvudprogrammets ofördelade reservpost.

#### 7.1.5 Organiska bränslen som substitut för olja

Målet för FoU inom området är att utveckla teknik för utnyttjande av organiska bränslen som substitut för olja vid värmekraftproduktion, i industriella processer och i form av flytande bränslen, bl a som drivmedel. Programmet inrymmer FoU kring ett brett spektrum av primärenergislag och omfattar såväl konvertering av bränslen till gas eller metanol som teknik för utvinning och tillvaratagande av inhemska bränsleråvara. Även produktion av bränsleråvara kan bli aktuell på längre sikt genom energiodlingar. Området kännetecknas dock av gemensam teknologi vad avser förbrännings- och förgasningsteknik samt kolvätekemi.

Även annan teknik kan komma att användas för produktion av metan eller metanol, t ex biologiska system för fotosyntes och anaerob rötning av organiskt avfall, t ex gödsel.

Kolteknik och därmed sammanhängande förbrännings- och förgasningsteknik är föremål för mycket stora internationella FoU-satsningar. Målet för svenskt vidkommande bör vara att aktivt följa utvecklingen inom området i syfte att kunna utvärdera framstegen.

Svensk FoU som led i ett införande av kol i större omfattning i det svenska energisystemet bör göras beroende av möjligheterna till import i stor skala. Vid en sådan utveckling bör FoU-insatsen kraftigt ökas. Studiet av teknik för nyttiggörande av kol kan emellertid ha betydelse även utan stor import av kol eftersom vissa delar av processerna är tillämpliga på eller anpassningsbara till teknik för de inhemska bränslenas nyttiggörande. Studiet kring dessa processteg är av naturliga skäl av större

intresse för svenskt vidkommande och FoU-insatserna bör sikta på att kunna utvärdera och ge kompetens för inhämtande av utländska erfarenheter. Detta kan ske genom stöd till eller deltagande i internationella FoU-program inom för svensk del aktuella områden. Möjligheterna till internationell samverkan med bl a Västtyskland och USA bedömes som goda.

Lönsamheten i utvinningen av det organiska energiinnehållet i våra *skiffrar* synes i stor utsträckning vara förknippad med frågan om utvinningen av skiffers uraninnehåll. Mer omfattande utvecklingsarbete bör initieras först i samband med att frågan om utnyttjande av Billings skiffrar för uranproduktion är avgjord.

*Torv* bör enligt kommitténs bedömning göras till föremål för avsevärda FoU-insatser både som råvara för drivmedelsframställning och som bränsle för värmekraftproduktion. Samverkansmöjligheter med Finland, Irland och Sovjetunionen bör skapas.

*Avfall* av olika slag utgör en inhemsk "energiråvara" av icke oväsentlig omfattning. Vid utnyttjande av avfallet bör dess alternativa användningsområden noga beaktas. Detta gäller dels återvinningen av vissa råvaror ur avfallet, dels frågan om i vilken utsträckning jord- och skogsbrukets avfall bör återföras till jorden för att undvika utarmning av bl a humusbildande substans.

Hushålls-, industri- och handelsavfallets återvinningsaspekter behandlas inom programmet Återvinning av energikrävande varor. En utveckling mot ökad återvinning av cellulosafiber och plast i avfallet kan helt förändra värmevärdet så att tillskott i energi krävs för att destruera avfallet. Avfallets sammansättning kan också komma att ändras på grund av ändrade konsumtionsvanor och förändring i distributions- och förpackningsteknik.

Insatserna inom avfallsområdet bör parallellt inriktas på att klarlägga avfallets alternativa användning och på utveckling av teknik för förbränning och pyrolys. Denna senare teknik har så starka teknologiska samband med tekniken för utvinning av energi ur de övriga organiska bränslena att den bör hänföras till detta program.

Forskningen kring *konverteringssystemen för organiska bränslen* bör inriktas på att få fram anläggningar som flexibelt kan använda alternativa bränsleslag. Statliga medel bör satsas på försöksanläggningar, där prov i större skala kan göras med olika bränslen.

*Energi ur biosystem* innebär en annan typ av processer – tekniskt och vetenskapligt – som också kan utnyttja andra utgångsråvaror t ex gödsel. Den svenska kompetensen inom området bedöms enligt experterna vara av hög internationell kvalitet och kan härigenom utgöra ett svenskt bidrag till den internationella forskningen.

Övergång till en *metanolekonomi* i större skala synes vara en långsiktig lösning. Studier kring ett sådant system bör beröra såväl produktionsled som lämpliga användningsområden för metanol och har med hänsyn till detta hänförts till delprogrammet Nya energisystem. Dessa studier är av stor betydelse för att nå en systematisk utnyttjning av tillgängliga importerade och inhemska bränsleslag och kan komma att påverka den

fortsatta forskningens inriktning.

Omfattningen av statligt stöd till delprogrammet bör ses i relation till dels statsmakternas roll vid uppbyggnaden av energiproduktionssystemet samt det förhållandet att staten genom att vara den störste enskilde markägaren i landet utövar en direkt kontroll över en betydande del av de inhemska bränslereserverna. En stor del av FoU-insatserna bör inriktas mot att klarlägga förutsättningar och miljörestriktioner för de olika bränsleslagen.

Kommittén föreslår följande indelning av delprogrammet för de första två åren.

- torvutvinning
- skifferutvinning
- energiodling
- avfallets alternativ användning
- förbrännings- och förgasningsteknik
- konvertering av gas till metanol
- metanol ur biosystem

Till delprogrammet bör anslås 12 milj kronor per år för de närmaste 3 åren att fördelas enligt kommitténs riktlinjer. Utvecklingen på längre sikt är beroende av flera faktorer:

- tillgången på bränslen på den internationella marknaden (inklusive olja) och möjligheterna till gynnsamma svenska avtal om leverans av bränslen,
- utbyggnadstakten för kärnkraft
- utvärdering av de ovannämnda kortsiktiga FoU-programmen.

Vid en låg utbyggnadstakt för kärnkraften ökar behovet av snabba åtgärder för att utnyttja organiska bränslen för såväl värmekraftproduktion som för konvertering till flytande bränslen. Programmet bör då accelereras i den utsträckning som forskningsresurserna tillåter och målet för programmet bör vara uppnått inom en 5-årsperiod.

Vid en högre utbyggnadstakt för kärnkraften minskar intresset för att använda organiska bränslen till värmekraftproduktion, varvid insatserna i ökande utsträckning bör ägnas åt metanolproduktion.

Öppnas möjligheter till stor import av kol eller naturgas medför detta att de inhemska bränslereserverna inte behöver utnyttjas i så hög grad. Av beredskapsskäl bör dock en viss produktion upprätthållas, vilket motiverar den FoU som föreslås för de inhemska bränsleslagen men med ett mer utdraget tidsperspektiv.

Dessa förändringar medför främst förskjutningar av resurser inom programmet och i tiden och bör inte påverka beloppet för det totala programmet.

### 7.1.6 Nya energisystem

Målet för FoU inom delprogrammet är att följa den internationella utvecklingen av nya energisystem samt att analysera tillämpbarhet för och

nödvändig anpassning till svenska förhållanden. Denna insats skall resultera i information, beslutsunderlag och rekommendationer om

- energipolitiska åtgärder
- fortsatt forskningsinriktning inom näringslivet och den offentliga sektorn
- genomförandeåtgärder.

Studiet av energisystem kan inte ensidigt inrikta sig på produktion av energi utan måste också omfatta förutsättningarna för användarna att kunna tillgodogöra sig den producerade energin.

Varje energisystem innehåller följande komponenter: energikällor – omvandling – distribution – omvandling – nyttighet.

De olika energisystemen benämnes oftast efter energibäraren i distributionsledet, t ex elsystem, metanolssystem.

Energisystemstudier omfattar samspelet mellan de olika omvandlingskomponenterna och energibärarna. Systemen skall studeras ur såväl teknisk-ekonomisk synvinkel som från resurs- och miljösynpunkt. Även beredskapsaspekterna bör noga studeras.

För nya energisystem finns betydande introduktionssvårigheter. För att t ex ett vätgasdrivet fordon skall finna köpare krävs en utbyggd distribution av vätgas, vilket i sin tur kräver en rimlig efterfrågan. Att framställa vätgasen till konkurrenskraftiga priser kräver stor produktion. Möjligheterna till successiv introduktion av nya energislag bör bli föremål för forskningsinsatser.

Energiförsörjningssystemet är utsatt för stora variationer i efterfrågan över såväl längre som kortare perioder. Systemets egenskaper ur lagringsynpunkt ingår därför som ett viktigt led i utvärderingen.

Kommittén finner att metanol i begränsad användning redan på relativt kort sikt kan vara intressant. Förutsättningarna för metanolanvändning bör klarläggas inom den närmaste 3-årsperioden. Vätgassystem synes erbjuda vissa fördelar även vid begränsade applikationer inom energiproduktionssystemet och bör därför studeras speciellt noggrant ur denna synvinkel.

Komponenterna för omvandling visar sig ofta ha flera funktioner inom ett och samma system. De kan ofta utnyttjas i olika syften på energianvändningssidan, t ex bränsleceller för användning i fordon, för kombinerad uppvärmning och elkraftframställning eller för ackumulering av elektrisk energi. Vissa komponenter kan reversera omvandlingen, t ex elgenerator och elmotor som i princip kan sägas vara identiska komponenter. Icke utvecklade komponenter som kan ha sådana användningar har kommittén valt att hänföra till området Nya energisystem. Grundläggande studier av komponenterna syftar ofta till att verifiera deras användning i systemet eller till att finna modifieringar i systemet som gör komponenten användbar.

Forskningsinsatsen skall inriktas mot att på bred front följa utvecklingen av komponenter med allsidig systemanvändning. För bränsleceller med metanol och väte som energikälla bör direkt svenskt utvecklingsarbete stödjas. Nära samarbete inom detta område bör eftersträvas med andra

nationer.

Kommittén föreslår att till studier av nya energisystem anslås 4 milj kronor per år. För forskning kring systemkomponenter föreslås 2 milj kronor per år.

### 7.1.7 Övriga energislag

Till detta delprogram har hänförts fusionsenergi, geotermisk energi, solenergi och vindenergi.

#### *Fusionsenergi*

De svenska satsningarna på fusionsenergi är små vid jämförelse med de stora nationernas. Det arbete som bedrivs är koncentrerat till vissa väsentliga delproblem och är av grundvetenskaplig karaktär. Det behandlar emellertid till stor del principer som inte utvecklas på annat håll i världen, och skulle därigenom kunna vara ett intressant bidrag till utvecklingen och till det internationella samarbetet.

Kommittén bedömer det väsentligt att vi i Sverige har kompetens att medverka i och följa det internationella arbetet inom plasmafysik och fusionsforskning med möjligheter att utvärdera resultaten och anser på denna grund att utökad forskning och ökat internationellt samarbete inom området bör stödjas. Kommittén anser sig inte kunna bedöma behovet av medel på längre sikt utan har valt att endast föreslå medel för de närmaste 3 åren med 5 milj kronor per år.

#### *Geotermisk energi*

Geotermisk energi är ur de flesta synpunkter en lämplig energikälla och kommer sannolikt att få stor betydelse på de platser där den är lättillgänglig. Några djupare studier beträffande värmefördelningen i den svenska berggrunden har inte gjorts. Innan man kan ta ställning till fortsatt forskning inom området bör en sådan studie göras. Detta skulle enligt expertmaterialet kräva en kostnad av 400 tkr. Detta arbete bör igångsättas snarast så att ett beslutsunderlag för inriktningen av fortsatt arbete kan erhållas. Utfaller studien positivt bör ett avsevärt större belopp avsättas för fortsatt arbete. Geotermisk teknik finns och är under fortsatt utveckling och bör därför till stor del kunna köpas utifrån. Eventuella provborringar som kan bli en naturlig fortsättning på arbetet kan komma att kräva stora belopp.

#### *Solenergi*

Solenergi för direkt industriell elenergiproduktion har inte – enligt experternas bedömningar – förutsättningar att kunna tillämpas i Sverige. Internationellt pågår stora satsningar främst för tillämpningar i solrika trakter varför kommittén anser att stöd för att översiktligt följa denna utveckling bör ges. Kostnaden för detta har bedömts till 200 tkr per år.



Utnyttjande av solenergi för lokaluppvärmning och biologiska processer behandlas i andra sammanhang.

### *Vindenergi*

Hittills gjorda utredningar indikerar att elproduktion med vindkraft ger dyr energi (ca 20–40 öre/kWh). Kostnaden är starkt beroende av antalet möjliga drifttimmar per år och rådande vindstyrkor. En kartläggning av dessa förhållanden på olika platser i Sverige bör genomföras innan man tar mer definitiv ställning till vindkraften som energikälla. Kostnaden för en sådan studie har beräknats till 400 tkr under ett år. Forskning i syfte att följa den internationella utvecklingen och att finna helt nya lösningar att utnyttja vindkraft bör dock stödjas. För detta ändamål föreslår kommittén anslag med 200 tkr per år.

Gemensamt för energiformerna inom delprogrammet Övriga energislag är att de är regenererbara – utom för fusionsenergin som med hänsyn till reservens storlek dock kan anses tillhöra denna klass – och därför av stort intresse på sikt. Solenergi och vindenergi är dessutom ekologiskt riktiga genom att de utnyttjar det naturliga kretsloppet. Skulle nya upptäckter eller framsteg från den pågående utvecklingen utomlands ge anledning att revidera dagens uppfattning om realiserbarhet och tidsperspektiv kan det vara motiverat att satsa stora belopp inom detta delprogram. Osäkerheten i dessa bedömningar har emellertid gjort att kommittén avstått från att ange belopp för en längre tidsperiod. Eventuella medel utöver de angivna bör disponeras från de ofördelade medel som kommittén avsatt på programnivå.

## 7.2 Energianvändning i industriella processer

Näringslivets energianvändning kan indelas i tre huvudkategorier

- energianvändning i form av uppvärmning, ventilation och belysning som bildar en viktig del av arbetsmiljön
- energianvändning för interna och externa transporter
- energianvändning för industriella processer och hjälpanordningar i anslutning till dessa.

De två första områdena behandlas inom programmen Lokalkomfort samt Transporter och samfärdsl. Därutöver täcks viktiga delar av FoU kring näringslivets energianvändning in av programmen Energiproduktion (särskilt spillvärme och utnyttjande av vissa speciella bränslen) och Allmänna energisystemstudier. Under programmet Energianvändning i industriella processer redovisas endast kommitténs överväganden kring energiförbrukning som är direkt relaterad till produktion av olika slag.

Programområdet utgör ett mycket diversifierat fält av energiomvandlande processer. Den dominerande andelen av området energiförbrukning hänföres dock till ett fåtal branscher. Skogs- och jordbrukets energianvändning skiljer sig från den egentliga industrins och behandlas därför under separat rubrik i detta avsnitt.

### 7.2.1 Processer i egentlig industri

Ett studium av industrins energiförbrukning visar att konsumtionen per producerad enhet allmänt är långsamt avtagande trots ökat förädlingsvärde och minskad arbetsinsats. Detta torde bli hänga samman med utvecklingen mot större enheter med högre verkningsgrad och rationella drift.

För att rätt kunna diskutera möjligheterna till energibesparing bör man observera två olika typer av åtgärder som leder till energibesparing.

Vid utformandet av produktionsapparaten kring en given process har man att avväga insatsen av olika produktionsfaktorer – varav energi är en – så att syftet med processen uppnås, dvs att producera varan till lägsta kostnad. Förändras kostnaden för en av produktionsfaktorerna – vilket nu skett för energi – så kan processen vanligen modifieras till ett nytt optimum som återställer balansen mellan produktionsfaktorernas mest ekonomiska utnyttjande. En sådan optimering kan ta olika lång tid att genomföra beroende på omfattningen av ingreppen i produktionsapparaten. I vissa fall kan den först göras vid uppbyggnad av helt ny utrustning. De åtgärder som erfordras för att optimera processerna med avseende på nya energipriser kräver FoU i liten omfattning då detta kunnande redan finns inom den utrustningstillverkande och användande industrin. Man kan konstatera att man inom dessa branscher redan under lång tid minskat den specifika energiförbrukningen i kostnadsoptimerande syfte. Man kan därför på goda grunder anta att det kunnande som erfordras för en kortsiktig anpassning av de för branscherna specifika processerna till nya energipriser i stort sett finns tillgängligt inom näringslivet. Däremot har det från flera branscher redovisats ett behov av mer systematiskt sammanställande av driftserfarenheter för att nå en klarare bild av sambanden mellan ekonomi, kvalitet, miljö och energiförbrukning.

Vid sidan av processoptimering finns möjligheten till energibesparing genom utveckling av helt nya processer. Detta är till skillnad från optimeringen ett område som vanligen kräver mycket stora insatser av FoU.

För att denna FoU skall kunna omsättas i tillämpning krävs också att det finns en avnämare för forskningen. De tänkbara avnämarna utgöres inte bara av de varuproducerande industrierna utan också av den utrustningstillverkande industrin. Den svenska utrustningsindustrin täcker ett mycket begränsat område av de processer som tillämpas inom industrin men har emellertid en betydande export. Stöd till denna industri skulle därför även kunna ges en industripolitisk motivering.

Energiproblemen kring tillverkningsprocesserna är ofta starkt branschspecifika – ibland till och med företagsspecifika – vilket ger svårigheter att formulera insatserna i sammanhållna program. De höjda energipriserna innebär ett förstärkt incitament för den utrustningstillverkande industrin – världen över – att utveckla processer och utrustning i energibesparande syfte. Nya processer blir också i allmänhet kommersiellt tillgängliga på den internationella licensmarknaden.

Processutveckling måste av naturliga skäl centreras kring processens

syfte nämligen produktion av en viss vara. Utveckling av processer med ett ensidigt syfte att spara energi kan inte enligt kommitténs mening vara en riktig målsättning. Däremot anser kommittén att man vid utveckling och val mellan processer i större utsträckning än hittills bör beakta energifrågan.

Det är i detta sammanhang också värt att beakta att det endast är vid ett fåtal industriella processer som tillförd energi i egentlig mening förbrukas. Detta sker vid elektrolytiska förfaranden och vissa kemiska reaktioner. I övrigt är det i stor utsträckning möjligt att återvinna energin, dock vanligen i ett lågt temperaturintervall vilket begränsar användningsmöjligheterna. Återvinningen av värme har kommittén funnit lämpligt att i väsentliga delar behandla under "spillvärmeprogrammet".

En ytterligare aspekt på energibesparingen inom detta område är betydelsen av den dagliga driften och underhållet av utrustning. Några värden på vad en mer insiktsfull skötsel av anläggningar kan innebära inom industrin har inte direkt kunnat erhållas men erfarenheterna från energikrisen vintern 1973/74 visar att det finns besparingsmöjligheter.

Många industrier anskaffar för sin verksamhet utrustning som är uppbyggd på teknik, vilken man har begränsad erfarenhet av. Information kan i detta sammanhang medverka till en ökad medvetenhet om möjliga energibesparingar. Även dessa åtgärder är emellertid svåra att isolera från produktivitetaspekter i övrigt.

De två ovan diskuterade aspekterna på energibesparing måste integreras med övrigt stöd i produktivetsbefrämjande syfte. Härvid kan företagarföreningarna i landet genom sin konsultverksamhet spela en betydande roll för de små företagens energiproblem.

Kommittén finner att det statliga stödet i form av energi-FoU inriktad på industrins processer i första hand bör omfatta uppföljning, utvärdering och dokumentation av inhemska och utländska framsteg inom respektive bransch.

Information och utbildning kring marknadens produkter och anläggningarnas skötsel är också motiverat att stödja i den utsträckning det krävs FoU-insatser. Sådana insatser kan vara att följa upp nya utrustningar och anläggningar för en objektiv värdering.

Egentlig processutveckling bör kraftsamlas till de områden där svensk industri har en särprägel och utnyttjar större mängder energi. Möjligheterna att kunna omsätta resultaten direkt i driften eller genom svensk utrustningstillverkande industri bör därvid särskilt beaktas. Stöd bör då även kunna utgå till ett fullföljande i form av försöksanläggningar. Dessa kriterier synes i första hand uppfyllas av skogs-, stål- och metallindustrin.

Dessa branscher svarar tillsammans för mer än hälften av industrins totala energiförbrukning. Energin användes också i stor utsträckning till de egentliga produktionsprocesserna. Andelen av industrins processbetingade energibehov är därför ännu större.

Utrustningen för större delen av processerna tillverkas inom landet av företag med internationellt anseende. Forskningsresultat kan därför med stor sannolikhet omsättas i tillämpning.

Expertmaterialet redovisar ett antal projektuppslag inom dessa delar

och betonar samtidigt att dessa är att betrakta som exemplifieringar. Ytterligare utredningar och internationella studier är nödvändiga för att kunna fastlägga mer preciserade handlingsprogram. Många av förslagen måste också förknippas med en större ombyggnad eller nyanläggning. Sådana tillfällen bör enligt kommitténs mening utnyttjas för att nå erforderliga framsteg. Exempel på ett projekt där en sådan insats skulle kunna göras är Stålverk 80.

Att på nuvarande stadium ge mer detaljerade riktlinjer för vilka processer som bör bli föremål för statligt stödd forskning finner kommittén inte vara lämpligt.

Vidare kan konstateras behovet av energisystemstudier på olika nivåer. Stöd till FoU inom detta område behandlas inom det särskilda programmet Allmänna energisystemstudier. Statligt stöd bör enligt energiprogramkommitténs mening inriktas på att utveckla ett effektivare samspel mellan industrins energiförbrukning och energiproduktionssystemen.

Därvid bör speciellt beaktas möjligheterna till effektiv lokalisering och att återföra spillvärme från industrin till energiförsörjningssystemet. Kommittén behandlar dessa frågor även i samband med att spillvärmeproblematiken tas upp som en del av energiproduktionsprogrammet.

Expertmaterialet redovisar inga stora behov av FoU-stöd till utveckling av nya processer. Kostnadshöjningarna på energi har emellertid initierat utvecklingsarbete på många håll i världen. Dessa satsningar kommer att avsätta resultat under en kommande period. En avsevärd del av FoU-stödet bör sättas in för att skapa en effektiv sökprocess som gör det möjligt för svensk industri att följa och hämta hem erfarenheter av den internationella utvecklingen.

Kommittén har inte ansett det möjligt att precisera vilka processer som bör bli föremål för statligt stödd utveckling och bedömer det därför nödvändigt med fortsatt utredningsarbete för att fastställa riktlinjerna beträffande stöd till direkta svenska insatser i syfte att utveckla nya processer. Omfattningen av de medel som föreslås till stöd inom området har bedömts utifrån mer allmänna bedömningar om behov och rimlig insats.

Kommittén föreslår att medel anslås med 10 milj kronor per år under den första 3-årsperioden.

### 7.2.2 Jord- och skogsbruk

Jord- och skogsbruket skiljer sig i många avseenden från den egentliga industrin och bör därför bedömas från andra utgångspunkter.

Energianvändningen inom dessa två områden utgör inte en så stor andel av landets totala förbrukning att detta skulle motivera särskilda insatser. Det är främst andra faktorer som deras vikt för nationalförsörjningea, det stora antalet mindre intressenter och deras samband med det biologiska kretsloppet som motiverar särskild uppmärksamhet.

Jord- och skogsbrukets problem beträffande lokaler och transportutrustning är särpräglade i jämförelse med övriga delar av näringslivet.

Lokalerna inom jordbruket är främst djurstallar och byggnader för skydd av utrustning och foder. Dessa kräver inte uppvärmning i vanlig bemärkelse. Det är tvärtom så att i stallar för större djur uppstår överskott av värme från djuren som kan återvinnas för uppvärmning av bostäder i närheten.

Arbetsmaskinerna – både inom skogs- och jordbruk – utför ett stort transportarbete men bör mera betraktas som processutrustning. De långväga transportererna skiljer sig dock inte från transporter i allmänhet.

Kommittén anser därför att FoU rörande djurstallar och arbetsmaskiner bör behandlas inom delprogrammet Jord- och skogsbruk.

Jordbrukets energiförbrukning beror i stor utsträckning på dess produktionsinriktning. En stor andel animalieproduktion ökar energibehovet per producerad livsmedelskalori. Kommittén anser att frågor kring behovet av ändrade kostvanor i syfte att minska energiåtgången faller utanför dess uppdrag, varför endast frågor som berör den direkta tillförseln av energi och energikrävande varor beröres.

Den direkta energiförbrukningen kan i stort hänföras till drivmedel och handelsgödsel som kräver energi vid produktionen. Expertmaterialet pekar på möjligheterna till maskiner i jordbruket som kan medge en ekonomisering med såväl drivmedel som gödsel genom samtidig sådd och gödning.

Förslag om biologisk forskning i syfte att minska behovet av kväve har inte framförts men torde enligt kommittén vara en viktig uppgift. En minskning av tillförseln och en bättre bindning av gödselmedel är också av stor betydelse ur naturvårdssynpunkt för att undvika igenväxning av vattendrag och sjöar varför sådan forskning fyller ett dubbelt syfte.

Skogsbruket kan betraktas ur två synvinklar, dels som producent av virke och fiberråvara, dels som en potentiell bränsleproducent. Om skogsprodukterna används i ena eller andra sammanhanget kan ur total synvinkel kanske vara mindre viktig. Ett ökat uttag till fiberråvara ger möjlighet till ökad export som bytesobjekt mot importerade energivaror medan ett användande av produkterna som bränsle minskar importbehovet. Kommittén anser därför att åtgärder som höjer produktivitet och uttag i skogsbruket kan stödjas inom programmets ram.

En minskad drivmedelsförbrukning genom utnyttjande av små arbetsmaskiner och hästar samt ökat uttag av skogsvaror uppnås genom ökad inriktning mot gallringsbruk. Den ensidiga inriktningen mot kalhuggning har inneburit att tekniken för gallringsbruk har försumrats. De ändrade priserna på fiberråvara och energi kan nu ekonomiskt motivera ett ökat gallringsbruk om arbetsutrustning och metoder snabbt kan förbättras.

Skogsvägsystemets utformning har stor betydelse för både energiåtgång och skogsvård i avkastningsbefrämjande syfte och behöver optimeras med avseende på nya förhållanden.

Skogs- och jordbruket som avfallsproducenter och därmed förknippad energiåtervinning behandlas under andra program.

För jord- och skogsbruket kan det med hänsyn till deras närhet till naturens kretslopp och avstånden till tätbebyggelse vara motiverat att använda andra energikällor som vindkraft, skogsavfall m m. Det är viktigt

att energifrågorna kring dessa områden ges en helhetssyn som utgår från de speciella omständigheter som råder inom jord- och skogsbruket.

Programkommittén vill därför betona vikten av att dessa områden i fortsatt programarbete ges en samlad behandling inom ramen för delprogrammet Jord- och skogsbruk.

För delprogrammet Jord- och skogsbruk föreslår kommittén att 2 milj kronor per år anslås för den närmaste 3-årsperioden.

### 7.3 Energianvändning för transporter och samfärdsel

Av den totala energiförbrukningen i landet åtgår idag ca 15 % för transportsektorns behov. Tillväxten och omstruktureringen av transportsystemet har under 1960-talet varit mycket stor. Persontransporterna sker idag till övervägande delen i personbilar (83 %) medan bussar och spårbunden trafik svarar för ungefär lika stora andelar av det resterande transportarbetet. Även godstransporterna domineras av biltransporter, speciellt på de kortare avstånden, medan för transporter längre än 200 km järnvägarna utför det mesta av transportarbetet.

Genom att transportsektorn i så hög grad är beroende av petroleumprodukter påverkas den också kraftigt av störningar i tillförseln av olja. Behovet av att säkra tillgången på energi är därför särskilt markant. Energikostnaden utgör för transporter en högre andel av totalkostnaden för många andra verksamheter, vilket gör att kostnadsökningar för drivmedel har en kraftig inverkan på transportkostnaden.

Energiförbrukningen för transporter kan minskas genom att

- begränsa behovet av transportarbete
- ändra fördelningen av transportarbetet mellan olika transportmedel
- öka utnyttjandet av transportmedlens kapacitet
- öka verkningsgraden på drivsystemen.

Alla transporter är ytterst en konsekvens av ett befintligt lokaliseringsmönster. Orsakerna till dagens lokalisering av industrier, kontor, bostäder, serviceinrättningar och rekreationsområden är många och svåra att analysera. Utvecklingen av transportområdet är i hög grad att se som resultatet av politiska, företagsekonomiska och enskilda beslut inom andra områden. Enligt kommitténs mening bör forskning kring dessa samband bedrivas i syfte att för framtiden ge ett bättre underlag för beslutsfattare i olika positioner. Genom sin koppling till samhällsfrågorna i stort bör denna forskning bedrivas inom programmet Allmänna energisystemstudier.

#### 7.3.1 Transportsystemen

Transportarbetet kan också minskas genom tekniska förändringar i transportapparaten. Vagnätets utformning och trafiksaneringen i tätorter bör belysas ur denna synpunkt.

För att tillfredsställa behovet av transporter kan olika slag av transportmedel användas. Sett ur energisynpunkt är emellertid inte valet av

transportmedel det väsentligaste. Den helt avgörande faktorn för god energiekonomi är att få en hög utnyttjning av det valda transportmedlet, dvs en hög lastfaktor. Det är detta förhållande som gör att den potentiella energibesparing som kan uppnås med kollektiva transporter i praktiken blir ganska liten. För att ge rimliga förutsättningar att kunna tillfredsställa det varierande behovet av persontransporter, måste de kollektiva trafikmedlen dimensioneras med reservkapacitet. De kollektiva fordonen måste ges en kapacitet som är anpassad till de tidpunkter då transportbehovet är som störst, för att inte personalbehovet i transportapparaten under hög belastning skall bli mycket stort.

Genom att trafikströmmarna vid hög belastning i allmänhet går i en bestämd riktning, blir returtransporternas effektivitet med kollektiva trafikmedel även vid rusningstid totalt ganska låg.

Dessa faktorer medför att man med åtgärder som ökar lastfaktorn i personbilar, t ex samkörning, skulle kunna nå ett energiutnyttjande jämförbart med det för kollektiva transporter.

Den omfördelning från privatbilism till kollektiv trafik i tätorter som med rimliga medel kan åstadkommas inom överskådlig tid ger därför inga stora besparingar i energibalansen. De positiva, klart märkbara, övriga effekterna av en sådan omfördelning – mindre emissioner, ökad framkomlighet och trafiksäkerhet, samhällsekonomiska fördelar – i kombination med en viss energibesparing motiverar dock en satsning på utveckling av kollektiva trafiksystem för tätorter.

Kollektivtrafikens (och övrig trafiks) *framkomlighet* kan förbättras genom samhällsplanerande åtgärder samt genom teknisk utveckling av effektiva trafikledningssystem. De kollektiva trafikmedlens *konkurrensförmåga* relativt personbilen kan stärkas genom dels ökad framkomlighet, dels *fordonsutveckling* som ger en med bilen jämförbar åkkomfort. Inom fordonsutvecklingens ram kan också möjligheterna att utnyttja alternativa *drivsistem* beaktas, vilket har viss energiekonomisk betydelse.

Genom att tidsaspekterna vid godsbefordran inte är lika påtagliga som vid persontransporter torde godstransporterna i högre grad kunna ges en styrning mot mera energieffektiva transportmedel. Detta gäller speciellt om man kan nå effektivare kombinationer av transportsätt för att nå bästa kapacitetsutnyttjande i hela transportkedjan. Dessa frågeställningar har varit föremål för forskning under en relativt lång tid eftersom frågan om ett högt kapacitetsutnyttjande har en avgörande betydelse för hela ekonomin inom transportområdet. En bättre lastfaktor ger lägre kapital-, personal- och driftkostnader, vilket torde vara mer avgörande faktorer för fortsatt utveckling av godstransportssystemet än energibesparingsmöjligheterna.

Ökade energipriser motiverar därför inte större förändringar i inriktning på den nu bedrivna forskningen utan accentuerar behovet av att den bedrivs med tillräcklig kapacitet. Ökad uppmärksamhet bör dock enligt kommitténs mening ägnas åt att studera gynnsamma kombinationer av lastbil, järnväg och sjöfart. Sjöfarten bör med bättre tekniska förutsättningar kunna vara ett transportalternativ utefter våra kuster och inre vattenvägar.

Kommittén anser därför att det ur energisynpunkt är motiverat att stödja ökad FoU kring delprogrammet Transportsystemets utveckling med ett anslag om 2 milj kronor per år under den närmaste treårsperioden. Det hittills mest eftersatta delområdet är kollektivtrafiktekniken. Större delen av anslagna medel bör satsas på detta område.

### 7.3.2 *Energianvändning i drivsystem*

Transportsystemets utformning måste bygga på ett studium av de svenska förhållandena som karakteriseras av långa avstånd, tunga råvarutransporter och ett omfattande system av vattenvägar. Komponenterna i systemet är dock inte särskilt specifika med avseende på dessa förhållanden och kraven på drivsystemen är i stort identiska för alla industrialiserade länder. Svensk forskning bör ges stöd att noga följa den internationella utvecklingen.

Den internationella forskningen kring energianvändningen i drivsystem inriktas i huvudsak på tre huvudlinjer: alternativa drivmedel för förbränningsmotorer, förbättringar av förbränningsmotortekniken och eldrift för fritt rörliga fordon.

Möjligheterna att långsiktigt försörja transportsystemet med flytande bränsle genom metanolproduktion har behandlats i programmet Energiproduktion. Motsvarande insatser för att studera anpassningen av olika motorkonstruktioner för metanoldrift bör göras. Vanliga bensinmotorer kan relativt enkelt anpassas till metanolbränslen medan dieselmotorerna utgör ett större problem i detta avseende. Även vätgas som drivmedel bör ägnas fortsatt forskningsverksamhet.

Vad ren motorteknik beträffar görs i Sverige utanför bil- och motorindustrins ram endast insatser på stirlingsmotorn. Ur energisynpunkt är detta det mest gynnsamma alternativet till dagens bensin- och dieselmotorer. Stirlingmotorn har potentiellt hög verkningsgrad. Utvecklingsarbetet på denna bör fortsättas tills tekniska möjligheter, driftsäkerhet och kostnader verifierats.

Utnyttjandet av elektrisk energi för fordonsdrift är av stort intresse på lång sikt.

Eldrift av fritt rörliga fordon kan ske antingen genom utnyttjande av laddningsbara batterier eller genom bränsleceller för direkt omvandling av bränsle, t ex metanol, till elektrisk energi.

Bruket av laddningsbara batterier förutsätter mycket hög verkningsgrad i alla omvandlingsled från primärenergi till laddat batteri för att ge mindre energiförluster än användningen av flytande bränslen i förbränningsmotorer.

En användning av batteridrivna fordon kommer därför sannolikt inte att kunna medföra lägre energiförbrukning utan medger endast en övergång från flytande bränsle till elkraft. Denna elkraft bör då rimligen inte vara baserad på organiska bränslen. Elbatteridrivna fordon i stort antal förutsätter därför en kraftigt utbyggd elproduktion baserad på kärnkraft. I mer begränsade tillämpningar har batteridrivna fordon stora fördelar bl a ur miljösynpunkt. Även mekaniska ackumulatörer, t ex



svänghjul, är av intresse för fordonsdrift genom att toppeffekten på drivsystemet kan begränsas.

Bränsleceller som kan drivas med metanol eller vätgas har större möjligheter att anpassas till olika typer av energiproduktionssystem. Vid en framgångsrik utveckling av bränsleceller kan dessa nå en verkningsgrad som är dubbelt så hög som dagens förbränningsmotorsystem. Bränslecellen torde dock först bli aktuell som stationär strömkälla och har i detta sammanhang behandlats under delprogrammet Nya energisystem. Forskningen kring dessa tillämpningar av bränslecellen bör samordnas.

De olika typerna av drivsystem har dock sannolikt sina givna platser i ett framtida transportsystem, varför kommittén anser att ett stöd bör ges till forskningen kring såväl batterier och mekaniska ackumulatörer som bränsleceller.

För delprogrammet Energianvändning i drivsystem bedömer kommittén det motiverat med ett stöd om 6 milj kronor per år under den närmaste 3-årsperioden. Vid en senare hårdvaruutveckling kan avsevärt högre belopp behöva sättas in för att fullfölja forskningen till tillämpning.

På lång sikt är ett införande av kärnkraftdrift för stora fartygstyper sannolikt. Många problem kring användningen av kärnreaktorer på fartyg fordrar komplicerade tekniska studier och sannolikt långvarig juridisk behandling (strålskydd, reaktorsäkerhet, ansvarsförfållanden, inordning i kärnbränslecykeln osv). För både svensk sjöfart och varvsindustri samt för svensk kärnenergiplanering är det av intresse att problemen kring kärnkraftdrift av fartyg utsätts för en allsidig behandling.

Även tillståndsgivningen för utländska kärnkraftdrivna fartyg att angöra svenska hamnar kräver kunskap kring dessa frågor.

Kommittén anser därför att stöd bör utgå till forskning i syfte att klarlägga problem och förutsättningar kring kärnkraftdrift för fartyg. Forskningen bedömes kunna bedrivas med en insats av 1 milj kronor per år under den närmaste 3-årsperioden.

## 7.4 Energianvändning för lokalkomfort – boende och arbetsmiljö

Kommittén har valt att indela programmet lokalkomfort i följande fem delprogram

- klimathygien
- byggnaden
- installations- och apparatteknik
- entreprenader
- systemfrågor jämte information och utbildning.

Dessa områden skiljer sig åt beträffande syfte och det principiella sättet att angripa energifrågorna. De mål och riktlinjer för FoU-verksamheten som kommittén vill förorda kommenteras under var och en av dessa rubriker.

Lokaler och byggnader utgör ett mycket vittomfattande begrepp med hänsyn till de olika funktioner de har att fylla. Vissa lokaler t ex inom industrin ges en sådan funktionsinriktad utformning att de närmast är att betrakta som en komponent i processutrustningen. Till programmet lokalkomfort har kommittén dock funnit det lämpligt ur problem- och resurssynpunkt att hänföra i huvudsak alla typer av lokaler – för boende-, arbets- och sociala funktioner. Programmet kommer genom sin omfattning att innesluta ett område som tar i anspråk ungefär hälften av den totala energiförbrukningen i landet.

Energiförbrukningen domineras av två ungefär lika stora poster, nämligen energi för att värma ventilationsluft och energi för att täcka byggnaders övriga värmeförluster. Energi för belysning, som utgör en mindre del, har intresse genom att belysningen alstrar värme som kan tillvaratagas för uppvärmning av lokalen.

Kommittén har funnit att grunderna för bedömning av lokalklimatets kvalitet är otillräckligt utforskade. Kunskaperna om olika klimatvariablers inverkan och sammanlagringseffekter på känslan av komfort är otillräckliga för att man skall kunna ställa riktiga krav på byggnaders utformning och apparattekniska utveckling. Forskning kring dessa frågor ligger inom delprogrammet klimathygien.

Uppförandet av byggnader är kringgärdat av normer och bestämmelser, till huvuddelen utfärdade av offentliga myndigheter på statlig och kommunal nivå, som kraftigt styr byggnadernas utformning. Detta sker dels genom anvisningar och obligatoriska bestämmelser, dels genom att lånemöjligheterna påverkas för byggnaden. I samband med energikrisen vintern 1973/74 har det berättigade och rationella i dessa regler kommit upp till diskussion. Uppenbarligen kan väsentliga besparingar erhållas genom översyn av grunderna för dessa normer. Det är därvid viktigt att styra projektering mot en bättre energiekonomi genom riktig utformning och placering av byggnader. Projekteringen leder fram till byggnadens utformning och konstruktion samt slutgiltigt val av material. Ett viktigt led i projekteringen är upprättandet av energibalanser för byggnad och försörjningssystem.

Energibalansen är en av utgångspunkterna för dimensionering och installation av apparater för lokalkomfort. Apparater för lokalkomfort omfattar ett brett register av utrustning för värme, ventilation och belysning. Det är enligt kommitténs uppfattning viktigt att dessa system i ökad grad integreras för att nå en bättre energiekonomi. I bostäder förbrukar hushållsutrustningen en del av den tillförda energin. Även denna kan på ett systemmässigt sätt passas in i husets övriga energiförsörjning och därför har även hushållssektorn ansetts lämplig att inordna under delprogrammet Installations- och apparatteknik.

Ur energihushållningssynpunkt finns det också anledning att ta med produktionsskedet för byggnader. Ett studium av energiförbrukningen vid uppförande och drift av byggnader visar att ca 90 % av den tillförda energin förbrukas under byggnadens drift. Felaktiga arbetsmetoder och brister vid byggnadens uppförande kan dock medföra allvarliga konsekvenser för byggnadens driftsekonomi. Av detta skäl har entreprenad-

verksamheten hänförs till lokalkomfortprogrammet. Entreprenadverksamheten förbrukar också energi vid byggnadens uppförande. Både för byggnads- och anläggningsverksamhet tas möjligheterna till energibesparing upp i programmet Entreprenader. De mer basbetonade delarna av byggnadsindustrin som t ex cement- och tegeltillverkning behandlas dock som en del av övrig industri.

Drifttekniska frågor har inte behandlats som särskilt delprogram. Det beror på att driften av byggnaden med dess försörjningssystem har en så stor roll för energiförbrukningen att de drifttekniska aspekterna är nödvändiga att beakta i så gott som varje FoU-uppgift.

Då det gäller att konstruera och uppföra byggnader borde detta göras med samma självklara hänsyn till driften. Så är emellertid sällan fallet, och det är en öppen fråga, vad som betyder mest för resultatet – byggandet eller driften.

Driften av stora byggnader är tekniskt komplicerad. Den kräver omfattande kunskaper både om de behov som brukare har vid olika tidpunkter och om de möjligheter och begränsningar som byggs in i det tekniska system som byggnaden med dess försörjning utgör. Detta gäller i synnerhet för klimat- och energifrågor.

Normalt utgår man från att driften i efterhand kan anpassas till de villkor som byggandet lämnar efter sig. Detta har lett till att man vid konstruktion av byggnad och försörjningssystem ofta förbisett behovet av att skapa förutsättningar för en effektiv och energiekonomisk drift, t ex utrustning för driftövervakning och funktionskontroll, hjälpmedel och utrymmen för underhåll. Än vanligare är att behovet av anvisningar och instruktioner undervärderas. Dessa förhållanden ställer höga krav på driftpersonalens intresse, skicklighet och kunnande för att åstadkomma en drift med ett minimum av förluster. Ändå ägnas driftfrågorna liten uppmärksamhet i utbildning och forskning. Utbildning på ingenjörnivå saknas i stort sett helt. Denna utbildning måste liksom utbildningen i produktionsämnen repliera på forskning och forskningsresultat.

Inte heller i lagstiftningen är driftfrågorna uppmärksammade. Klimatkrav ställs och svensk byggnorm ger bestämmelser och anvisningar för byggandet utan att ange hur man under byggnadens brukstid skall sörja för att dess kvalitet och funktion skall bestå. Kommittén vill därför särskilt peka på vikten av att utbildningen i fastighetsdrift ges ökade resurser.

Möjligheterna att gå över de begränsningar som dagens projektering och byggande innebär ligger i en systemorienterad analys av boende- och arbetsmiljö. I linje med en sådan övergripande syn ligger också en vidgad och fördjupad kunskap om energiåtgången hos alla berörda parter. Erforderliga FoU-insatser inom dessa områden behandlas under delprogrammet Systemfrågor där även informations- och utbildningsfrågorna tas upp.

På grund av sin stora omfattning har lokalkomfortområdet en dimensionerande och strukturell påverkan på energiproduktionssystemet. Valda tekniska lösningar för uppvärmning av lokaler påverkar kraftigt energiförsörjningssystemets utformning.

Den energi som åtgår för att skapa inneklimal avseende såväl boende- som arbetsmiljö utgör som tidigare nämnts ungefär hälften av vår totala energikonsumtion. Enligt kommitténs mening täcker lokalkomfortprogrammet det viktigaste området när det gäller att påverka vår energikonsumtion. FoU-insatserna bör inriktas på att kortsiktigt förbättra hushållningen med energi, successivt effektivisera energianvändningen och på längre sikt radikalt påverka energibehovet.

Energianvändningens storleksordning inom lokalkomfortområdet gör det angeläget att formulera FoU-program som kan initieras snabbt. Trögheten i förändringen i vårt byggnadsbestånd gör också att det är angeläget att snabbt styra in ett nytt synsätt på lokalers energibehov vilket också måste ses mot bakgrunden av de ständigt ökade kraven att arbetsmiljön skall göras behagligare och säkrare. Lokaler för vård, undervisning och rekreation är också områden där man ställer höga krav och av sådan art att energiåtgången kan bli betydande.

Svensk forskning och erfarenhet inom lokalkomfortområdet ligger internationellt väl framme. Detta gör att Sverige inom området på ett verkningfullt sätt kan bidra till den internationella forskningen genom aktivt och ledande deltagande. Det inledda nordiska samarbetet inom området kan vara en utgångspunkt för ett vidgat engagemang.

Svensk tillverkande industri täcker alla väsentliga behov av utrustning för lokalkomfortområdet. Ett nära samarbete med denna industri bör eftersträvas för att tillvarata materiella och personella resurser. En tidig samverkan i forskning och utveckling medger också en snabb marknadsföring och tillämpning.

Kommittén har funnit att besparingar kan åstadkommas genom att redan föreliggande FoU-resultat sprides till mer allmän kännedom samt att incitament skapas för deras tillämpning. Incitamenten till energibesparingar inom lokalkomfortområdet är emellertid i många fall små. Genom olika åtgärder kan incitament skapas vilka ger såväl hyresgäst som förvaltare motiv och möjligheter till en bättre hushållning. Detta kan på kort sikt ge betydande resultat utan omfattande forskningsinsatser.

Det offentliga inflytandet över byggnadsområdet medför givetvis också ett offentligt ansvar för att den styrning som sker beaktar energisynpunkterna. Utöver detta talar byggnadsverksamhetens struktur för ett statligt stöd för dess utveckling av bostadsbeståndet.

Dessa faktorer motiverar att FoU-program inom lokalkomfortområdet ges en hög grad av fullständighet och stöd. För hela programmet Lokalkomfort föreslår kommittén anslag med sammanlagt 145 milj kronor under en tioårsperiod att fördelas med 68,5 milj kronor under de tre första åren och resterande 76,5 milj kronor under följande 7 år. Medlens fördelning på delprogram framgår av det följande.

#### 7.4.1 Klimathygien

Målet för FoU inom det klimathygieniska området är att ge kunskaper och ett fastare underlag för riktlinjer och normer vid utformningen av lokalkomfort i olika boende- och arbetsmiljöer. Det gäller härvid både

anvisningar för varje enskild faktor som har väsentlig inverkan på lokalklimatet och den ytterst avgörande sammanlagringseffekten. Möjligheten att lämna mera entydiga anvisningar om anspråksnivån för boende- och arbetsklimat under skilda betingelser har utslagsgivande betydelse för utformningen av byggnader och deras försörjningssystem för värme, vatten och luft.

Forskning för att fastställa erforderlig luftkvalitet omfattande bl a luftrörelse, temperatur, fuktighet, grad och typ av föroreningar har betydelse för projekteringen av både byggnaden och ventilationssystemet.

Med tanke på den påverkan på energiåtgången som kan uppnås såväl genom projektering som tar hänsyn till energiförbrukningen som vid drift av färdiga byggnader förordar kommittén en snabb start med koncentration av FoU-resurser till detta område under den närmaste treårsperioden. Arbetet bör inriktas till stor del på utformning av operationella anvisningar.

Inom området klimathygien finns behov av ett tvärvetenskapligt arbete som enligt kommitténs mening bör stimuleras.

Kommittén föreslår att för delprogrammet Klimathygien anslås 8 milj kronor under den närmaste 3-årsperioden och 9 milj kronor för den resterande tioårsperioden.

#### 7.4.2 *Byggnaden*

Målet för FoU inom delprogrammet är att ge underlag för att förvalta byggnader och att utforma byggnad och konstruktion, välja byggmaterial och byggnadskomponenter så att energiåtgången optimeras och komfortkraven under drift upprätthålles.

Stora mängder energi kan sparas genom projektering som tar hänsyn till utnyttjande av solinstrålning och lokala klimatförhållanden vid utformningen av byggnader och deras placering. Ytterligare energi kan inbesparas genom förstärkt isolering. Metoderna för isolering kan förbättras både vad avser nyproduktion och äldre bebyggelse.

Byggnadskonstruktionens grad av värmetröghet spelar stor roll dels för ackumulering av värme i syfte att utjämna temperaturvariationer under dygnet, dels för oregelbundet använda lokaler där snabb uppvärmning är önskvärd. En bättre kunskap om olika byggnadskonstruktioners egenskaper i detta avseende är önskvärd.

Byggnadernas fönster kan avsevärt förbättras speciellt avseende vindtäteten men också vad avser utstrålning av värme.

Projektering för god energiekonomi kräver en väl utvecklad beräknings-teknik för att kunna gripa alla faktorer — även energiåtgång för materialtillverkning och byggnadsarbete. Sådan projekteringsteknik bör utvecklas och enligt kommitténs mening ställas som ett krav vid framtida projekteringsarbete.

Vid projektering bör också i högre grad studeras förutsättningarna för alternativ användning av lokaler med låg nyttjandegrad.

Med hänsyn till förbättringsmöjligheterna och dagens energipris måste

byggnadens utformning betraktas som ett påtagligt eftersatt område där snabba förbättringar kan nås. Genom att rikta FoU-insatserna bara på nyproduktion erhålles en för landets totala energisituation relativt långsam effekt. Beståndet av byggnader som är i drift kräver därför också insatser. Ombyggnad kräver särskild kunskap och färdighet rörande isoleringsteknik, val av lämpliga lösningar samt arbetets organisation.

Nya material, konstruktioner och produkter behöver utvärderas genom prov i full skala för att snabbt nå erfarenheter och att kunna demonstrera gjorda framsteg. En förstärkning av resurser för detta ändamål erfordras.

Då detta program på lång sikt kan ha avgörande betydelse för energiförbrukningen i landet bör personella och materiella resurser sättas in snabbt. Härvid bör beaktas möjligheterna att effektivt utnyttja den f n underbelagda konsultverksamheten inom byggnadsbranschen.

Kommittén föreslår att till delprogrammet Byggnaden anslås 9 milj kronor under en 3-årsperiod och 10 milj kronor för den följande sjuårsperioden.

#### 7.4.3 Installations- och apparatteknik

Målet för FoU inom delprogrammet Installations- och apparatteknik är att utveckla fastighetsdriften samt att med utgångspunkt från accepterade klimatkriterier utveckla och energimässigt integrera apparater för värme-, luft- och belysningskomfort samt förbättra regler- och kontrollsystemen för att nå en god energiekonomi.

Redan de befintliga systemen kan ges väsentligt högre effektivitet genom bättre och mer insiktsfull skötsel. Erfarenheterna från oljekrisen ger klara belägg för detta. Metoder, instrument och andra hjälpmedel för justering, kontroll och skötsel av lokalkomfortanläggningar bör utvecklas. En kraftig satsning bör göras för att snabbt föra FoU-resultaten till praktisk tillämpning inom driftområdet. Processer och organisation bör studeras.

För den mer långsiktiga utvecklingen av uppvärmningstekniken utgör lågtemperatursystemen en viktig del av möjligheterna att kunna tillvarata spillvärme från värmekraftproduktion och industriella processer. Utveckling av lågtemperatursystem innebär både att utveckla systemkomponenter och att finna konstruktiva lösningar för att infoga dessa i nya byggnader såväl som i befintlig bebyggelse. En nära samverkan med forskning inom spillvärmeprogrammet är nödvändig.

Även andra uppvärmningssystem bör studeras. Strålningsvärme kan tänkas ha betydligt större användningsområde. Speciellt lämplig synes den vara i industrilokaler, hallar och uppehållsplatser utomhus. Forskningen bör inriktas på att anvisa hur denna värmeteknik praktiskt skall utformas och utnyttjas för olika lokaler.

För områden där fjärrvärme av olika slag inte kan utnyttjas bör tillämpning av värmepumpar för byggnads- och varmvattenuppvärmning studeras. Beroende av resultaten kan utveckling av apparater och systemkonstruktioner stödjas.

Även solenergi är intressant för uppvärmning av byggnader. FoU

rörande värmesystemens komponenter, solfångare och värmeackumulatorer såväl som konstruktion av kompletta system samt funktionsstudier av dessa bör utföras. Forskning bör bedrivas med sikte på såväl begränsade system – t ex för varmvattengenerering – som totala uppvärmningssystem. De topografiska och klimatologiska förutsättningarna för solvärmeutnyttjande bör studeras.

En stor del av den tillförda energin till byggnaden lämnar den i ventilationsluft och avloppsvatten. Viss återvinning kan åstadkommas med enkla medel medan en mer fullständig återvinning kräver kvalificerade komponenter och försörjningssystem som tillrättalagts för återvinning. Förutsättningarna att utveckla billiga apparater för återvinning bör studeras.

Återvinning kräver en integration av ventilations- och uppvärmningssystemen. En höggradig energibesparing för lokalkomforten förutsätter utveckling av ett samstämt system. Forskning i denna riktning bedömes av kommittén som mycket angelägen.

Den starka kopplingen mellan uppvärmningsbehov och ventilation understryker behovet av särskilda forskningsinsatser för att utveckla reglersystemen. Forskningen måste här spänna över hela fältet från helt nya regleridéer till komplettering av befintliga system. Särskild uppmärksamhet bör ägnas möjligheterna att snabbreglera separat i olika lokalutrymmen. Kontroll- och mätsystem för värmeförbrukningen som ger reglermöjlighet hos varje enskild lokalutnyttjare är direkt avgörande för energiförbrukningsnivån inte minst om den kan knytas till kostnaderna för förbrukningen.

Även enklare kontrollutrustning, t ex termostatventiler för konventionella radiatorer, har stor betydelse för värmeekonomin. Utveckling av reglerutrustning i syfte att finna väsentligt billigare lösningar bör stödjas i syfte att kunna få en omfattande användning av automatiserad reglering i befintliga system.

På grund av ojämn belastning på energiproduktionssystemet under dygnets olika timmar finns det anledning att eftersträva ackumulering av värme i byggnaden. Även för system som bygger på värmepumpar och solenergi behövs ackumuleringsmöjligheter. Principer, metoder och lösningar för värmeackumulering i befintliga och nyproducerade byggnader bör utarbetas. Såväl ackumulering i byggstomme som i särskilda ackumulatorer bör studeras.

Utvecklingen av uppvärmnings- och ventilationssystem bör ske inom en systemram som beaktar hela energiomloppet. För industriell verksamhet finns emellertid speciella krav och förutsättningar. Särskilt angeläget anses det vara att utveckla lösningar på problemet att ventiler stora hallar. Punktutsugning vid luftförorenande arbetsoperationer är också en metod som behöver utvecklas ytterligare.

Möjligheterna till intern värmeåtervinning är – genom förekomsten av värmeavgivande utrustningar – inom industrin också större än i bostäder och kontorslokaler.

Apparatteknik för hushåll har betydelse för energiåtgången. Metoder kan utvecklas att tvätta och torka med mindre energiåtgång, t ex genom

processer utan behov av varmvatten. En analog utveckling beträffande diskning är också möjlig. Med en utvecklad värmeåtervinnings- och reglerteknik kan energiförbrukningen för hushållsutrustning omsättas till rumsvärme. Under de delar av året då uppvärmningsbehovet är litet går emellertid energin förlorad och det är därför av intresse att verka för energisnålare hushållsutrustningar. Detta kan delvis ske genom krav på objektiv redovisning av energiförbrukning och ökad information om deras skötsel.

Belysning utgör den minsta posten i energiförbrukningen för lokalkomfort. Belysningsstandarden skiljer sig väsentligt för privat- och yrkesbruk. Arbetsplatsernas belysning är därför av större intresse. Det råder idag uppenbart delade meningar om vad som är god och tillräcklig belysning. Baserat på kriterieforskningens resultat bör insatser göras för att få fram hjälpmedel och underlag för att underlätta projektering av kvalitativt goda belysningsanläggningar, såsom t ex modeller för beräkning av ljuskvalitet i lokaler, dagsljusets utnyttjande, redovisning av armaturdata m m. Belysningens värmeeffekter får i detta sammanhang inte försummas.

Rätt skötsel och drift av belysningsanläggningen kan öka livslängden hos ljuskällorna och vidmakthålla belysningens kvalitet. Hjälpmedel och rutiner för armaturrengöring inom industrier är viktiga utvecklingsprojekt.

För utvecklingen av apparat- och installationsteknik krävs att nya system och komponenter provas i objektiva fullskaleförsök. Ökade materiella och personella resurser krävs för detta.

Kommittén föreslår att för delprogrammet Installations- och apparat-teknik anslås 35 milj kronor för den första treårsperioden och lika mycket för resterande sjuårsperiod.

#### 7.4.4 *Entreprenader*

Målet för FoU inom delprogrammet Entreprenader är främst att minska energibehovet för uttorkningen av byggnader och vad avser anläggningsarbeten att utveckla teknik och utrustning som är mindre energikrävande.

Uttorkningen av byggnadsstommen vid de förhärskande våta byggmetoderna är mycket energikrävande. Utöver insatser för att utveckla effektivare uttorkningsmetoder aktualiseras också byggmetodutveckling som inriktas på minskat energibehov för byggnadsarbetet såväl som för den färdiga byggnaden. Både av sysselsättningsskäl och ekonomiska orsaker måste åretruntbyggande eftersträvas. Forskning om vinterbyggande inriktas inte endast på mindre energikrävande produktionsteknik utan även på möjligheterna att med planering omfördela de olika faserna i byggprocessen till från energisynpunkt gynnsammaste årstid.

Forskningen inom anläggningssektorn kan koncentreras till maskinutrustningen. Utvecklingsarbetet inriktas dels på driften av maskinerna, där övergång från tryckluft till hydraulmaskiner erbjuder betydande energibesparingsmöjligheter, dels på planerings- och produktionstekniken, där massförflytnings- och transportarbete kan effektiviseras.



Det omfattande FoU-arbete som byggföretag, material- och maskintillverkare här utför kan enligt kommitténs mening understödjas genom övergripande studier av utländska system, material och maskiner.

Karaktären på forskningsuppgifterna gör att delprogrammet i allt väsentligt bör koncentreras till den första femårsperioden. Under denna period behöver ca 2 milj kronor anslås per år. Under en andra femårsperiod kan totalt 1 milj kronor ytterligare vara erforderligt.

#### 7.4.5 Systemfrågor jämte information och utbildning

Målet för FoU avseende delprogrammet systemfrågor är att klarlägga sambanden mellan bebyggelsens struktur, försörjningssystemens och byggobjektens utformning samt byggnadsdelarnas konstruktion å ena sidan och energiåtgången å andra sidan.

I anslutning härtil men också som en grundförutsättning för att omsätta forskningsresultaten inom hela programområdet i praktisk tillämpning behandlas även informations- och utbildningsinsatser för att förmedla energikunskap och energimedvetenhet.

Inom ramen för befintliga energiförsörjningssystem för lokalkomfort ryms en mångfald alternativa lösningar. Ett utvecklingsarbete som inriktas på att bygga upp energimodeller för delsystem som successivt kan knytas samman till en helhetslösning bedömer kommittén kunna få ett avgörande inflytande på den långsiktiga utvecklingen för energiåtgången inom området lokalkomfort.

Dagens beslutsunderlag för samhällets bebyggelseplanering av bostäder, lokaler för offentlig och privat förvaltning, industrianläggningar, kommunikationer etc som även omfattar energikonsekvenserna är otillräckligt på vitala punkter, häribland konsekvenserna på energiförbrukningen. Framför allt saknas underlag för att utveckla integrerade system som kan erbjuda radikalt lägre total energinivå. Modeller för delsystemen kan dessutom på relativt kort sikt påverka energiåtgången genom att styra valet av värme- och ventilationssystem, byggnadskonstruktioner, byggmaterial och byggmetoder.

FoU-verksamhet syftar ytterst till att ge ny eller fördjupad kunskap. Kunskap är en förutsättning för att vi idag skall kunna hushålla med energiresurserna effektivare och i kommande tillämpningar finna betydligt rationellare lösningar. Kommittén vill därför starkt fästa uppmärksamheten på *informations- och utbildningsfrågornas* centrala roll för att FoU-resultaten skall få genomslagskraft och de potentiella energibesparingsmöjligheterna kunna förverkligas.

Den successiva uppbyggnaden av modeller för lokalkomfortens energiförsörjningssystem har bedömts kräva 1,5 milj kronor per år sannolikt jämnt fördelade över hela tioårsperioden.

För att utforma informations- och utbildningsmaterial skulle för att tillfredsställa ett omedelbart behov under den första treårsperioden ca 6 milj kronor behöva anslås och för resterande period ca 7 milj kronor.

## 7.5 Återvinning av energikrävande varor

Återvinning av energikrävande varor och nyttigörande av energin i avfall kan indelas i tre områden, avfallsråvaror från industri, uppsamlingskrot, blandat avfall från hushåll, handel och industri.

Verksamheten inom de två första områdena har en lång tradition och är under fortsatt rationalisering. De ökande kraven på omhändertagande av avfall av miljöhänsyn har förbättrat återvinningsindustrins möjligheter att infånga större mängder skrot. Det infångade avfallet blir emellertid av mer sammansatt natur genom tillkomsten av nya material och materialkombinationer, vilket kräver ny teknik för återvinning.

Återvinningsindustrin utgör en del av processkedjan att återvinna råvaror till produktionen. Stöd till återvinningsindustrin motiveras främst på sådana punkter där den företagsekonomiska situationen inte medger ett fullföljande av återvinningen. Behovet av stöd till återvinningsindustrin synes icke i första hand ligga inom FoU-området. Inom några delområden är dock FoU-insatser motiverade. Dessa berör hanteringen av komplext metallskrot, den ökande kontaminering av stål, extraktion av material ur kemiskt avfall samt omhändertagande och återvinning av plastavfall.

Det blandade avfallet, som i stor utsträckning tas om hand i kommunal regi, utgör ett mer komplext område. Själva syftet med avfallshanteringen är under omprövning. Från att i huvudsak ha varit ett naturvårdsintresse har uppmärksamheten nu också riktats mot avfallets energi- och råvaruinnehåll. För det blandade avfallet och avfallet från jord och skogsbruk måste de alternativa användningsmöjligheterna – bl a återvinning, utvinning av värme och återföring av organiskt material till jorden – nogta värderas.

Viktiga insatser kan göras för att underlätta återvinningen av de värdefulla komponenterna. För att en sådan insats skall få effekt krävs dock att samhället svarar för att avfallet samlas in och ges en sådan behandling att återvinning möjliggöres. Det kommunala renhållningsansvaret är ett steg i denna riktning och det bör fullföljas med FoU-insatser för att kunna få till stånd en rationell sortering av avfallet. Fortsatt verksamhet bör sedan inriktas på ett samarbete, främst med förpackningsindustrin, som syftar till produktutformningar som medger en mer total cirkulering av avfallets råvaruinnehåll.

Den del av avfallet som inte blir föremål för återvinning kan förbrännas, pyrolyseras eller brytas ner genom biologiska processer. Härvid kan energi tillvaratas som värme från förbränningen eller genom produktion av gas eller metanol. Dessa processteg behöver stöd för sin utveckling.

Forskning inom avfallsområdet pågår med hög intensitet internationellt och i Sverige. Uppföljning och utbyte av erfarenheter samt deltagande i internationella projekt bör ske för att täcka in områdets hela bredd.

För uppföljning av internationell verksamhet med energianknytning föreslår kommittén att det anslås 0,5 milj kr per år. För inhemska projekt och deltagande i internationella projekt bör, för att nå en snabb effekt, under de närmaste två åren anslås 3 milj kr per år. Insatser under resten

av programperioden bör kunna drivas inom en ram av 1,5 milj kr per år.

Forskningen inom avfallsområdet måste hållas samman så att balans mellan miljö-, energi- och återvinningsaspekterna uppnås. För ett samlat avfallsprogram krävs väsentligt större belopp än de som angivits här.

## 7.6 Allmänna energisystemstudier

De tidigare programmen har varit inriktade på olika delsystem inom energiförsörjningssystemet. Det första programmet behandlade produktionsdelen, medan de fyra senare har kretsat kring olika former av energianvändning. Samtidigt har dock påpekats vikten av att utvecklingen av olika komponenter och processer inom resp program/delprogram/programelement måste baseras på en systemsyn – vilken typ av energiförsörjningssystem eftersträvar man att uppnå med hjälp av de utvecklade komponenterna?

Kommittén har valt att samla sådan FoU som avser energiförsörjningssystemet i dess helhet och dess utveckling i ett särskilt program – allmänna energisystemstudier. Dit hör bl a samhällsplanerings- och lokaliseringsfrågor analyserade ur energisynpunkt. Olika principer för lokalisering av kraftverk (både konventionella oljeeldade och kärnkraftverk), industrier och bostadsområden påverkar möjligheterna att utnyttja lågtemperaturvärme och påverkar vidare i sin tur transportsystemet och dess energiförbrukning. Olika marknadsstrukturer, prismekanismer och taxeformer påverkar industrins benägenhet att sälja och olika konsumenters möjlighet att köpa värme inom olika temperaturintervall, mottryckskraft etc. Ett decentraliserat energiproduktionssystem är kanske lättare att etablera i vissa samhällsstrukturer än i andra.

Frågor av ovanstående typ behöver utredas utifrån en totalsyn på energiförsörjningssystemet. De tekniska aspekterna torde närmast tas upp inom resp program och framför allt i delprogrammet Nya energisystem (7.1.6) som behandlar energisystemet ur teknisk synvinkel. Kommittén vill därför trycka på behovet av FoU med ekonomisk, samhällsvetenskaplig och beteendevetenskaplig inriktning som komplement till och i många fall som förutsättning för de tidigare berörda programmen.

De ekonomiska analyser som från olika utgångspunkter hittills gjorts av samhället beaktar framför allt två produktionsfaktorer – kapital och arbete. Den senare tidens ökade medvetenhet om våra ändliga råvarutillgångar – däribland många energiråvaror – har lett till olika studier av råvaror och energi som produktionsbegränsande faktorer. Kommittén vill understryka vikten av energiekonomiska studier och utvecklingen av forskningsmetodik inom detta område.

En förutsättning för att FoU av ovanstående karaktär skall kunna drivas är att data och statistik kring energisystemet som belyser det ur ett antal olika aspekter finns tillgängliga. I expertmaterialet har på ett flertal ställen påpekats bristen på för energianalyser relevant information. En första åtgärd måste därför vara att lämna stöd till de ansträngningar som nu görs att bygga upp en samlad informationsbas avseende energiförsörjningssystemet och dess tänkbara utvecklingsvägar.

### 7.6.1 Information och dokumentation

Målet för utvecklingen inom delprogrammet bör vara att inom två år ha skapat konkreta och detaljerade förutsättningar för att etablera en informationsbas avseende det svenska energiförsörjningssystemet och de faktorer som kan påverka dess utveckling.

En deluppgift är att fastställa behovet av statistik samt metoderna för att insamla och bearbeta det statistiska underlaget. En annan deluppgift är att utforma principerna för en dokumentationscentral avseende såväl FoU som erfarenheter beträffande redan realiserade åtgärder/processer/komponenter inom energiområdet. En tredje deluppgift är att studera hur denna statistik och information kan påverka samhällsutvecklingen samt redovisa hur resultatet av FoU och systemanalysen bör spridas till olika intressenter.

Kommittén förutsätter att verksamheten med att fysiskt etablera och i fortvarighetstillståndet driva dokumentationscentralen samt samla in statistiken bestrids med andra medel. Kommittén finner det nödvändigt att detta arbete bedrivs i nära samverkan med energiprognosarbetet.

### 7.6.2 Systemstudier

Målet med delprogrammet är att bedriva systeminriktad FoU avseende energiförsörjningssystemet som helhet ur främst ekonomiska, samhällsvetenskapliga och beteendevetenskapliga perspektiv för att ge beslutsunderlag och rekommendationer till åtgärder för beslutsfattare i olika positioner. Ett särskilt delmål är därvidlag att genom egna metodstudier följa upp erfarenheter och effekter av utländsk och internationellt bedrivna metodutveckling inom det systemanalytiska området avseende energiförsörjningssystemet.

Inom delprogrammet skall särskild uppmärksamhet ägnas åt samspelet mellan energiförsörjningen och den fysiska samhällsutformningen, energiflödesanalyser, olika energisystems miljökonsekvenser samt olika konsumtionsnivåers effekter (vad avser energi) på samhällsstrukturen i vid bemärkelse (bl a hög- och lågenergisamhällen).

Den ekonomiska forskningen bör således bl a syfta till att belysa olika energiförsörjningssystemers effekter på samhällsekonomin – sysselsättning, strukturutveckling och bytesbalans på kort och lång sikt. Särskilt betydelsefullt är det att få fram ett bättre beslutsunderlag vad gäller de långsiktiga ekonomiska konsekvenserna av avvägningen mellan satsningar på å ena sidan nya energiproduktionssystem och å den andra effektiva åtgärder för ökade energibesparingar. Vidare behövs en social forskning som kan ge underlag för social evaluering av olika energiteknologiska satsningar. Sådana studier på den sociala miljön, fördjupade studier kring riskbedömningars effekter på befolkningens psykiska hälsa och välbefinnande.

På kort sikt bör tonvikten läggas på analyser av olika energisystems flexibilitet och de samhälleliga konsekvenserna vid brist på olika energislag.

Kommittén finner att flera av de tidigare föreslagna programmen/delprogrammen för fortsatt bedrivande efter något eller några år kräver ställningstaganden som bl a baseras på att analyser av här berört slag har utförts. Det är därför viktigt att omedelbart söka styra över resurser till detta verksamhetsområde.

För att närmare klarlägga arbetets uppläggning och organisation för programmet Allmänna energisystemstudier föreslår kommittén att medel anslås till en förstudie med 2 milj kronor per år under en tvåårsperiod. Behovet av anslag från energi-FoU-programmet för mer kontinuerlig verksamhet är bl a beroende av finansieringsformerna. Anslag för fortsatt verksamhet kan anvisas från den post av ofördelade medel som föreslås på huvudprogramnivå.

## 7.7 Sammanfattning av kommitténs programförslag

Energiprogramkommittén föreslår att för forskning och utveckling inom energiområdet som statligt stöd anslås 420 milj kr under den närmaste treårsperioden att fördelas på de olika program och delprogram som framgår av nedanstående och av tabell 7.1. Av tabellen framgår också ungefärliga belopp för delar av den verksamhet som i dag bedrivs inom området.

För programmet *Energiproduktion* föreslås 234,9 milj kr under den närmaste treårsperioden. Med hänsyn till möjliga förändringar i svensk energipolitik och den internationella energimarknaden bör en successiv omprövning av programmet ske varvid omfördelningar inom och mellan delprogrammen kan bli aktuella.

För programmet *Energianvändning i industriella processer* föreslår kommittén att 36 milj kr anslås för de närmaste tre åren. Kommitténs förslag är här att betrakta som ett minimiförslag. Behovet av ytterligare medel och en mer preciserad inriktning för fördelningen av dessa bör bli föremål för fortsatt utredning.

För programmet *Energianvändning för transporter och samfärdsel* föreslås att under de tre första åren anslås 27 milj kr. Vid ett eventuellt genombrott för forskning kring bränsleceller för bruk i fordon kommer avsevärt större belopp att behöva avsättas för FoU.

För programmet *Energianvändning för lokalkomfort – boende- och arbetsmiljö* föreslår kommittén att 68,5 milj kr anslås för de närmaste tre åren. På grund av områdets stora betydelse för besparing av energi har kommittén även bedömt behovet av fortsatta insatser utöver treårsperioden vilka är angivna i själva programförslaget.

För programmet *Återvinning av energikrävande varor* föreslår kommittén ett stöd om 9 milj kr för de närmaste tre åren. Detta program bör ingå i ett sammanhållet program för hela avfallsområdet som också beaktar miljö- och resursfrågorna i övrigt.

För programmet *Allmänna energisystemstudier* behöver ytterligare utredas hur den i programmet beskrivna inriktningen bör utformas och samordnas med övrig samhällsinriktad forskning. Även uppläggning och

omfattning av information, statistik och dokumentation behöver penetreras innan säkrare belopp kan anges. Under en uppbyggnadsperiod om två år har kommittén bedömt erforderliga anslag för en sådan förstudie till 4 milj kr. Betydligt större belopp kommer att erfordras för den kontinuerliga verksamheten.

På huvudprogramnivå har kommittén föreslagit en ofördelad reserv som utgör en grov bedömning av vad som kan komma att krävas utöver de anslag som i dag kan förutses. Denna post torde sannolikt komma att fördelas på programmen för industriella processer, allmänna systemstudier samt transporter och samfärdsel.

Tabell 7.1: Kommitténs förslag till anslag för huvudprogrammet Energiforskning. Beloppen är angivna i Mkr i 1974 års penningvärde.

Program och delprogram	Totalt tre första åren	Medelvärde per år	Nuvarande anslagsnivå, ungefärligt årsbelopp
<i>Energiproduktion</i>	234,9	78,3	42,1
Fissionsenergi	124,9	41,6	35,7
Konv. elkraft- och värmeproduktion	9,0	3,0	1,5
Spillvärmeutnyttjande	30,0	10,0	2,3
Olja och naturgas	—	—	0,1
Organiska bränslen	36,0	12,0	0,2
Nya energisystem	18,0	6,0	0,2
Övriga energislag	17,0	5,7	2,1
<i>Industriella processer</i>	36,0	12,0	0,2
Egentlig industri	30,0	10,0	
Jord- och skogsindustri	6,0	2,0	
<i>Transporter och samfärdsel</i>	27,0	9,0	
Transportsystem	6,0	2,0	
Drivsystem	18,0	6,0	
Skeppsreaktorer	3,0	1,0	
<i>Lokalkomfort – boende- och arbetsmiljö</i>	68,5	22,9	
Klimathygien	8,0	2,7	
Byggnaden	9,0	3,0	
Installations- och apparatteknik	35,0	11,7	
Entreprenader	6,0	2,0	
System, information och utbildning	10,5	3,5	
<i>Återvinning</i>	9,0	3,0	
<i>Allmänna energisystemstudier</i>	4,0 <sup>1</sup>	2,0	
<i>Ofördelade medel på huvudprogramnivå</i>	40,6	13,5	
<b>Totalt Energiforskning</b>	<b>420</b>	<b>140,7</b>	

<sup>1</sup> 2 år.



## 8 Forskningsresurser och resursstyrning

Landets FoU-resurser inom energiområdet finns som redan angetts i tidigare kapitel spridda inom ett stort antal organ både på den statliga och den privata sidan. Kommittén har i kapitel 3 beskrivit pågående energiforskning, dess huvudinnehåll, organisation och finansiering. Den redogörelse visar att många organ inom den statliga sektorn liksom åtskilliga företag inom det privata näringslivet har uppgifter med anknytning till FoU inom energiområdet dock utan att alltid med nuvarande FoU-statistik kunna särredovisas. Beskrivningen i kapitel 3 innehåller vissa uppskattningar beträffande under senaste år satsade belopp på energi-FoU, men oftast anges endast inriktningen av pågående projekt av energi-FoU-karaktär samt att energifrågan kommer in i många projekt med i huvudsak annan forskningsinriktning.

Vid en analys av programförslaget och nuvarande fördelning av ansvar inom respektive delprogram framgår att industri-, utbildnings- och bostadsdepartementen svarar för övervägande del av den på olika program och organ fördelbara och målstyrda verksamheten. Industridepartementet har bl a ansvar för de direkta anslagen till AB Atomenergi samt de anslag som via STU slussas till olika FoU-utförande organ för tillämpad FoU och som är av betydelse för flertalet angivna program. Utbildningsdepartementet ansvarar för fördelningen till fem viktiga forskningsråd samt till universiteten och högskolorna, vilka handhar betydande del av den grundforskning som är av betydelse i energisammanhang och återfinns inom så gott som samtliga program och delprogram. Bostadsdepartementet ger via anslag till BFR stöd åt stor del av den energi-FoU som är att hänföra till FoU för lokalkomfort och hushåll.

Programkommittén har i kapitel 7 presenterat ett förslag till ett mycket brett forsknings- och utvecklingsprogram som berör flertalet samhällssektorer. Kommittén har betonat vikten av att de uppsatta förändringsmålen baseras på en systemsyn. De olika programmen och delprogrammen har många beröringspunkter. Delprogrammet rörande spillvärme integrerar således aspekter från lokalkomfortområdet, industriella processer och energiproduktionsområdet. Utvecklingen av organiska bränslen som substitut för olja påverkar drivmedelssituationen och FoU inom transportområdet.

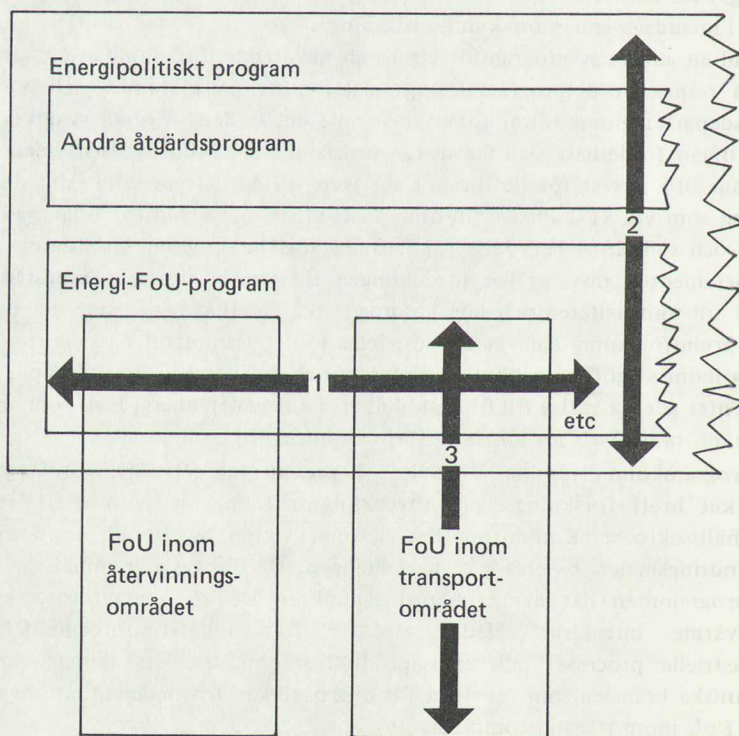
Kommittén finner därför att en förutsättning för *en målmedveten och i alla sina delar konsistent utveckling av energiförsörjningssystemet*



förutsätter en samordning, analys och översikt av hela huvudprogrammet för FoU inom energiområdet. Samtidigt så har dock enskilda program och delprogram starka samband med andra verksamhetsområden. FoU inom ett område kan motiveras också utifrån andra förutsättningar än de energipolitiska. Detta gäller t ex återvinningsprogrammet som i hög grad också måste påverkas av miljöpolitiken och samhällets syn på andra råvaror än energiråvarorna. Det gäller transportområdet vars utveckling måste värderas utifrån regional-, arbetsmarknads- och beredskaps- samt, naturligtvis, transportpolitiska mål. *Det torde därför inte vara lämpligt att samla FoU-beställaransvaret för hela energiområdet inom en organisation.*

Kommittén vill peka på att, som tidigare framhållits flera gånger i betänkandet, FoU endast är ett av medlen i ett totalt energipolitiskt handlingsprogram för att åstadkomma förändringar i energisystemet. Även här måste en samordning äga rum mellan FoU-åtgärder och andra typer av åtgärder.

Den situation och de samordningsbehov som beskrivits ovan illustreras principiellt i figur 8.1. Vertikalt måste en samordning ske av forskningen avseende olika samhällssektorer (3). Horisontellt måste en samordning ske inom energi-FoU-området (1). Slutligen måste detta huvudprogram samordnas med andra åtgärdsprogram inom energiområdet (2).



Figur 8.1: Principiella samordningsbehov för energi-FoU-programmet.

## 8.1 Samordning av huvudprogrammet

Det har inte ingått i kommitténs uppgifter att behandla organisationsfrågorna. Den vikt som kommittén fäster vid möjligheten att samordna forskningen inom energiområdet gör det ändå motiverat att här peka på vissa organisationsgrundande faktorer som måste tillgodoses för att säkra huvudprogrammets fortbestånd och vidareutveckling. De här presenterade synpunkterna är att betraktas som en idéskiss, som underlag för vidare diskussion kring de organisatoriska formerna.

De medel som via statsmakterna tilldelas energiforskningen torde komma att anslås via flera huvudtitlar. Det synes därför lämpligt att samordningen på statsmaktsnivå åvilar ett av departementen, i detta fall och vid den för närvarande tillämpade arbetsfördelningen mellan departementen lämpligen industridepartementet, som också svarar för de allmänna energipolitiska frågorna.

Kommittén har funnit det nödvändigt att organisatoriska förutsättningar skapas för att möjliggöra en samordnad analys, planering och uppföljning av FoU-verksamheten inom energiområdet och för att underlätta beredningen av energiforskningsfrågorna.

Energiprogramkommittén har inte haft möjlighet att inom den utsatta tidsramen närmare penetrera struktur och fördelning av medel inom de olika delprogrammen. Beträffande stödet till näringslivets utveckling genom FoU-medel inom programmet energianvändning i industriella processer har kommittén således inte haft möjlighet att närmare analysera lämplig ambitionsnivå (enligt den modell som presenterades i kapitel 6), branschmässig fördelning eller hur det bör kombineras med andra typer av förändringsbefrämjande åtgärder. Sådana fortsatta utredningar och fördjupningar av kommitténs arbete måste utföras av något härtill lämpat organ. Denna uppgift kan lämpligen kombineras med funktionen att vara remissorgan för sådana FoU-frågor som behandlas av statsdepartementen och att därvid bl a yttra sig över de anslagsäskanden och programförslag som inlämnas av programansvariga organ.

De uppgifter som här ovan angetts avser således den horisontella samordningen (typ 1 i figur 8.1). För att åstadkomma denna samordning krävs det underlag i form av systemanalys och systeminriktad FoU, vilket gör det naturligt att ett mer direkt FoU-beställaransvar för programmet Allmänna energisystemstudier knyts samman med de tidigare nämnda uppgifterna.

Kommittén har sett olika möjligheter att tillgodose de här framförda samordningsbehoven. En möjlighet är att bilda en särskild och fristående energiforskningsnämnd. En sådan nämnd bör inom sig ha den kompetens som erfordras för en samlad bedömning av FoU inom energiområdet. Nämndens ledamöter skulle kunna utses av Kungl Maj:t efter förslag av programansvariga och forskningsutförande organ, näringslivets organisationer och företrädare för konsument- och miljövärdensintressen. Representationen måste vara sådan att behovet av FoU syftande till energibesparing inom användarsidan framträder med samma tyngd som FoU syftande till att öka och säkra energiproduktionen.

En annan organisatorisk lösning är att de beskrivna funktionerna knyts till en enhet inom en redan existerande myndighet. En mellanform erhålls om nämnden replierar på ett sekretariat, som har sin organisatoriska hemvist inom en existerande myndighet. Om samordningsuppgifternas omfattning begränsas på detta sätt måste också vissa av de angivna funktionerna handläggas inom statsdepartementen. Kommittén finner det angeläget att de organisatoriska formerna för samordningen av huvudprogrammet ytterligare belyses.

## 8.2 Programansvariga organ

Kommittén finner det nödvändigt att ansvaret för varje program i möjligaste mån knyts till ett organ som fyller rollen av FoU-beställare, planerar, värderar och bevakar programmet, tar initiativ till utveckling av nya delprogram och programelement inom programramen och också är berett att avsluta ett delprogram när dess mål är uppfyllt för att därigenom frigöra resurser för andra ändamål.

Vid val av program/FoU-beställare måste hänsyn tas till det vertikala samordningsbehovet inom olika samhällssektorer (typ 3 i figur 8.1). I vissa fall kan den rådande organisationsstrukturen eller programmets karaktär vara sådan att den motiverar en uppdelning av programmen på flera programansvariga organ, men detta bör vara undantagsfall. Valet av programansvariga organ måste baseras på andra aspekter än enbart de som betingas av energiforskningens behov varför kommittén inte kunnat göra någon fullständig analys av detta. Då programansvaret är så viktigt för förverkligandet av de eftersträvande förändringarna i energisystemet vill kommittén peka på följande möjligheter att fördela detta ansvar. Framställningen skall närmast betraktas som exempel för att illustrera möjligheterna att skapa ett sammanhållet ansvar på programnivå.

Programansvaret för sådan FoU som faller inom programmet *energi-användning för lokalkomfort – boende och arbetsmiljö* faller idag närmast på BFR, som sedan ett par år tillbaka inrättat ett särskilt energiblock och vars anslag täcker drygt hälften av nu förekommande FoU inom programmet. Kommittén finner det naturligt att BFR även fortsättningsvis tar ansvaret för detta program.

För programmet *energianvändning för transporter och samfärdsel* finns inte någon naturlig huvudman. Den mer systeminriktade verksamheten kan knytas till transportforskningsdelegationens arbetsfält medan den komponentorienterade (energitäta ackumulatörer, stirlingmotorn) har starka beröringspunkter med STU:s verksamhetsområde. Kommittén vill peka på behovet av ett entydigt ansvarsförhållande inom detta program men har inte haft anledning att föreslå en specifik organisation.

FoU inom programmet *energianvändning i industriella processer* faller naturligt inom STU:s intresseområde. STU har redan idag flera behovsområden, bl a energiteknik, varifrån stöd lämnas till verksamhet inom programområdet. Det stöd som bör ske inom ramen för det särskilda delprogrammet för jord- och skogsbruk kan dock hanteras av annat

lämpligt programansvarigt organ.

Kommittén har redan i kapitel 7 pekat på vikten av att hålla samman ett *totalt återvinningsprogram* som beaktar hela miljö-, energi- och råvaruproblematiken. STU stöder idag sådan verksamhet inom ramen för sitt på olika behovsområden inriktade program. Bland tänkbara organ som kan ta ett programansvar märks STU och naturvårdsverket.

De två övriga programmen, *energiproduktionsprogrammet* och *allmänna energisystemstudier*, har en något annorlunda karaktär. Energisystemaspekten måste här vara den sammanhållande och också styra programmens organisatoriska tillhörigheter. FoU-beställarrollen inom dessa båda program har starka samband med den överordnade huvudprogramutveckling, som kommittén tidigare pekat på behovet av. Beroende på vilka organisatoriska former som väljs för att lösa den under avsnitt 8.1 behandlade horisontella och övergripande samordningen av huvudprogrammet, ser kommittén vissa möjligheter att samordna FoU-beställarrollen för främst programmet allmänna energisystemstudier men eventuellt även energiproduktion med de tidigare angivna funktionerna.

Forskningsråden har en betydelsefull roll som FoU-beställare och särskilt för den mer grundläggande forskningen kan dessa spela en aktiv roll.

### 8.3 FoU-utförande nivå

Även på den FoU-utförande nivån är det önskvärt att i görligaste mån samla ansvaret för delprogram med likartade mål och likartad teknik. För mer långsiktig forskning kan dock behovet av att studera konkurrerande lösningar på samma problem motivera en betydligt mer heterogen struktur på den FoU-utförande nivån.

Kommittén har tidigare i kapitel 6 framhållit behoven av att utvecklingsåtgärderna drivs på ett medvetet och sammanhållet sätt ända in i genomförandeskedet. Organisationer på den FoU-utförande nivån behöver därför ofta ha resurser för att uppföra och driva försöks- och demonstrationsanläggningar och på ett målmedvetet sätt kunna sprida information om uppnådda resultat. Detta kräver också att de FoU-utförande organen kan planera och genomföra tyngre investeringar och har den administrativa förmågan att organisera en verksamhet för kontinuerlig drift.

Inom universitet och högskolor är det av dessa skäl ofta nödvändigt att de olika institutionerna samordnar och gemensamt planerar sin verksamhet. Energicentra vid de tekniska fakulteterna kan vara exempel på en sådan samordning, som kommittén ser mycket positivt på. Sådana samordningsorgan kan innebära en indirekt förstärkning av forskningen och därigenom underlätta genomförandet av ett FoU-program.

I den mån FoU-stöd kanaliseras till universitet och högskolor är det nödvändigt att vissa basresurser i form av lokaler, laboratorieutrustning, fasta tjänster för planering och forskarhandledning m m finns tillgängliga. Inom ett antal områden har kommittén föreslagit en kraftig förstärkning

av forskningsinsatserna och här torde också en motsvarande förstärkning av basresurserna vid främst våra tekniska fakulteter vara nödvändig.

Inom lokalkomfortområdet torde en satsning av den storleksordning kommittén förordar förutsätta, att basresurserna förstärks främst inom området apparat- och installationsteknik. Dessutom bör det internationella kontaktnätet och FoU-utbytet kunna utbyggas.

Vid sidan av universitet och högskolor bedrivs FoU vid vissa särskilda organisationer. Dessa organisationer har speciell betydelse för sådan utveckling som kräver investeringstunga laboratorier, särskilda försöks- och demonstrationsanläggningar och en särskild driftorganisation. AB Atomenergi torde vara den största av dessa organisationer och dit hör t ex också byggforskningsinstitutet (SIB).

Det torde ofta vara lämpligt att till dessa organisationer knyta ansvar för FoU-utförande inom ett helt delprogram. Organisationen kan då också ta ett ansvar för FoU-planeringen inom delprogrammet. FoU-beställarfunktionen ligger dock fortfarande kvar på annat organ.

Inom kärnkraftområdet kan AB Atomenergi redan sägas ha ett sådant ansvar. Kommittén finner att detta är en även för framtiden lämplig lösning. Atomenergi har också under de senaste verksamhetsåren vidgat sin verksamhet till att omfatta även stora delar av det som kommittén samlat under benämningen spillvärmeprogrammet. Kommittén finner det naturligt att AB Atomenergi även tar ett ansvar för detta delprogram.

Bland övriga organisationer har byggforskningsinstitutet en naturlig roll inom lokalkomfortområdet. Uppdrag inom energiområdet torde med fördel även kunna läggas på FOA som bl a har hög kompetens och stor erfarenhet inom systemanalysområdet.

Beträffande delprogrammet organiska bränslen som substitut för olja vill kommittén peka på betydelsen av att finna en organisation som på ett kraftfullt sätt kan ta ett ansvar för FoU inom detta delprogram.

Kommittén vill vidare peka på betydelsen av den kunskap och erfarenhet som finns samlad dels i ett stort antal forskningsintensiva företag i näringslivet, dels i olika branschforskningsinstitut. Denna kompetens kan och bör utnyttjas inte bara för programmet avseende industriella processer utan även beträffande transporter, återvinning, lokalkomfort och vissa delar av energiproduktionsprogrammet.

## Bilaga 1. Direktiv

I anförande till statsrådsprotokollet den 30 november 1973 uttalade chefen för industridepartementet:

Den svenska energipolitiken har under de senaste decennierna karaktäriserats av en strävan att använda befintliga vattenkrafttillgångar så långt möjligt, av ett accepterande av en kraftig ökning av oljans betydelse som energikälla och av ett utnyttjande av Sveriges höga teknologiska kunskapsnivå för insatser på kärnkraftområdet. Den svenska kärnkraftutvecklingen är en av de mest betydande tekniska satsningar som gjorts i landet, och inom området har nu etablerats en betydande svensk industriell verksamhet. Ansenliga svenska utvecklingsinsatser har gjorts även på andra delar av energiförsörjningens område, exempelvis högspänningsöverföring av elkraft.

Åtgärder inom energiområdet, häribland insatser för teknisk forskning och utveckling (FoU), kan beskrivas som antingen producent- eller konsumentinriktade. I första hand producentinriktade är åtgärder som syftar till att öka tillgången på energi i utnyttjningsbara former. Till denna kategori kan föras bl. a. ett bättre utnyttjande av energiråvaror, nya energikällor samt effektivare lagring och distribution. I första hand konsumentinriktade är åtgärder som syftar till att minska behovet av energi eller kostnaderna för att utnyttja energi. Hit hör t. ex. mindre energikrävande processer i industrin samt bättre energihushållning i byggnads- och transportsektorn. Producentinriktad verksamhet, exempelvis energilagring, kan ibland förekomma i konsumentledet. Av speciell natur är vidare åtgärder som syftar till att höja verkningsgraden för energiomvandlingsprocesser. En entydig klassifikation låter sig därför inte alltid göras.

Senare års utveckling visar att allt större krav kommer att ställas på energipolitiken för att samhället även i framtiden skall kunna förses med energi i tillräcklig omfattning. Energiprognosutredningen (EPU; I 1973:03) har till uppgift att bl. a. utarbeta alternativa prognoser för Sveriges energiförbrukning för tiden fram till år 1985 och diskutera huvuddragen i utvecklingen på energiområdet för ytterligare något decennium. Redan innan resultatet av utredningens arbete föreligger kan konstateras, att energi med dagens produktionsteknik och konsumtionsökning kommer att bli en mer knapp vara än tidigare med bl. a. betydande prisstegringar som sannolik följd. Inför sådana utsikter ökar betydelsen av FoU på energiområdet för att söka minska kostnadsstegringarna och öka tillgången på utnyttjningsbar energi.

Det saknas en tillfredsställande överblick över omfattningen och inriktningen av FoU på energiområdet i Sverige. Inom näringslivet torde denna vara koncentrerad till relativt få företag. Inom den offentliga sektorn bedriver flera statliga myndigheter och verk FoU-verksamhet på energiområdet. I anslagsäskanden för budgetåret 1974/75 föreslås från flera håll öka insatser.

Styrelsen för teknisk utveckling föreslår ökade, främst producentin-

riktade, satsningar inom samtliga delar av energiområdet. Medel äskas för bl. a. programutredningar, för arbeten för tillgodogörande av fossila energiråvaror, för utvecklingsarbeten inom magnetohydrodynamik och med brydreaktorer, för fjärrvärmeställningar och energilagring samt för konsumentinriktade behovsanalyser. Flera av dessa projekt avses genomföras vid AB Atomenergi.

Statens råd för byggnadsforskning vill etablera bl. a. ett forskningsblock kring energifrågor som en utökning av tidigare bedrivna forskning om bebyggelse och energianvändning, vilken avsett mätverksamhet samt distributions- och värmeisoleringsfrågor. För att bidra till en minimering av energiförbrukningen vill rådet nu studera såväl behovssidan – t. ex. inomhusklimat – som tekniska system och härvid beakta även energiförbrukningen vid framställning av byggnadsmaterial.

Statens vattenfallsverk bedriver och stöder flera utvecklingsprojekt för rationell elförsörjning och elanvändning. Bland projekten märks studier av nya metoder för elproduktion och av elfordon samt av möjligheter att minska energikonsumtionen för uppvärmningsändamål. Verket avser vidare att studera förutsättningarna för energilagring m. m.

Statens råd för atomforskning äskar medel för fortsatt stöd till plasmafysik med fusionsforskning.

Överstyrelsen för ekonomiskt försvar har under ett flertal år bedrivit forskning på gasområdet och vidare studerat möjligheter att utnyttja torv som värmekälla.

Bland verksamhet avseende FoU inom energiområdet utanför den offentliga sektorn kan nämnas att Ingenjörsvetenskapsakademien år 1972 inrättat ett energisekretariat. Som första uppgift behandlas där frågan om möjligheter till energibesparing, speciellt i samband med lokaluppvärmning.

Som inledningsvis antytts har Sverige satsat även i internationell jämförelse stora resurser på utveckling av kärnkraft som ett betydelsefullt alternativ till fossila bränslen, framför allt för elproduktion. För de statliga insatserna svarar till stor del AB Atomenergi.

Atomenergi begär, i anslutning till ett år 1972 framlagt förslag till femårsplan, medel för verksamhet vilken till största delen är inriktad på att stödja det industriella utbyggnadsprogrammet med lättvattenreaktorer. Härutöver föreslås även ökade insatser på mera långsiktiga kärnenergifrågor, t. ex. avancerade och snabba reaktorer. Bolaget har vidare i en särskild framställning inför budgetåret 1974/75 anmält att enligt dess uppfattning väsentligt större statsanslag än hittills bör avsättas för ett kontinuerligt och samordnat energitekniskt forskningsarbete på bred front. Bolaget föreslår att medel anvisas för att inleda ett femårsprogram för tekniskt utvecklingsarbete rörande energibesparing samt för studier av alternativa bränslen och andra energikällor på lång sikt.

Även Svenska utvecklingsbolaget bedriver viss verksamhet inom energiområdet.

Till den statliga kärnenergisatsningen hör vidare vissa utredningar m. m. Förutom närförelägningsutredningen (I 1970:16), vilken har som främsta uppgift att skapa underlag för myndigheternas prövning från säkerhetssynpunkt av närförelägningsprojekt, bör nämnas utredningen (I 1972:08) rörande högaktivt avfall från kärnkraftverk (AKA-utredningen) samt delegationen för forskning rörande kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor (KÄRNSÄKFORSK).

AKA-utredningen skall bl. a. bedöma behovet av FoU-arbete rörande behandling och förvaring av högaktivt avfall, vilka krav som bör ställas på lagringsplats för sådant avfall och förutsättningarna för en samlokalisering av en förvaringsanläggning för högaktivt avfall och en upparbetningsanläggning.

KÄRNSÄKFORSK ansvarar för ett program för kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor som skall genomföras under en period av högst fyra år från 1973 års början. Programmet innefattar FoU av betydelse för bedömning av kraftreaktorers, främst lättvattenreaktorers, säkerhet och inverkan på miljön såvitt avser radioaktivt utsläpp.

Energifrågorna intar en framträdande plats i det nordiska samarbetet och behandlas även av internationella organisationer, bl. a. OECD. OECD genomför f. n. en energistudie. I denna ingår som väsentlig del en kartläggning av långsiktig FoU inom energiområdet och dess organisation i medlemsländerna. Denna kartläggning avses ge underlag för en bedömning av medlemsländernas prioriteringar och uppgift om eventuellt försummade områden.

I en lägesrapport (Ds I 1973:2) i juli 1973 konstaterar EPU bl. a. att en avsevärd förstärkning av resurserna för planering och FoU inom energiområdet är påkallad och förordar en allmän översyn. Utredningen framhåller härvid vissa frågor som redan aktualiserats. Utnyttjandet av kraftvärmeverk skulle kunna vidgas betydligt om effektiva distributions-system utvecklas. Utveckling av system för energiackumulering kan på ett effektivt sätt bidra till att uppnå bättre energiekonomi. Genom medvetet utnyttjande av energibesparande teknik skulle rationalisering och kostnadsminskning kunna uppnås på bostadsuppvärmningens område och industriella processer göras mindre energikrävande. Vissa sekundära energikällor, exempelvis torv, skifferolja, vindkraft, avfall m. m. bör enligt EPU ägnas större FoU-insatser än hittills. Ökade FoU-insatser bör vidare göras inom kärnkraftområdet beträffande t. ex. fusion, anrikning och avfallshantering.

Även jag anser att FoU på energiområdet i framtiden bör tillmätas ökad betydelse som ett medel att söka minska kostnadsstegringen, dämpa konsumtionsökningen och öka tillgången på energi. Som särskilt viktiga betraktar jag därvid åtgärder som kan minska de stora förlusterna vid energiomvandling och öka verkningsgraden vid olika former av energi-användning.

Av redogörelsen framgår att det inom och utom den offentliga sektorn pågår FoU på åtskilliga håll och att önskemål om ökade resurser framförts från flera organ. En samlad målsättning för FoU-politiken på energiområdet saknas emellertid liksom riktlinjer för verksamhetens inriktning och omfattning på olika delområden. Behovet av en sådan helhetssyn är särskilt angeläget på energiområdet på grund av att energifrågorna är mångsidiga och ofta innefattar svåra avvägnings-problem. Energifrågorna påverkar på många olika sätt samhällsekonomin. Dessa förhållanden skärper nödvändigheten av att olika FoU-önskemål och FoU-behov på energiområdet vägs mot varandra.

Mot denna bakgrund delar jag EPU:s bedömning att en samlad översyn av FoU inom energiområdet nu bör göras och förordar därför att en särskild programkommitté tillkallas för denna uppgift.

Programkommittén bör till en början kartlägga och analysera behov av FoU på energiområdet, som kan anses vara av aktuellt eller framtida intresse för den svenska samhällsekonomin. Härvid avses FoU som *dels* syftar till att öka tillgången på energi, *dels* möjliggör begränsningar av efterfrågan, *dels* effektiviserar utnyttjandet av energi. Kommittén bör särskilt uppmärksamma att FoU-behovet inom vissa sektorer, exempelvis delar av hushållssektorn och smådriftsbetonade industrigrenar, kan ha svårt att komma till uttryck vid en sådan analys.

Programkommittén bör jämföra denna översikt av FoU-behovet med en översikt av den FoU på energiområdet som bedrivs i dag. Härvid bör kommittén dock inte närmare behandla näringslivets sedvanliga produkt-utveckling, inte heller forskningsbetonad utredningsverksamhet eller



systemanalys, som olika myndigheter bedriver eller behöver bedriva för att fullgöra sitt reguljära arbete.

Programkommittén bör kartlägga vilka personella och materiella resurser som är tillgängliga för FoU på energiområdet. Härvid bör kommittén inte begränsa sig till de resurser, som i dag används på olika områden, utan uppmärksamma även möjligheterna att inom nuvarande institutionella ramar på kort sikt flytta över resurser till energiområdet från andra forskningsområden resp. omdisponera resurser mellan olika delar av energiområdet.

Med utgångspunkt i dessa kartläggningar och analyser av såväl behov som resurser bör programkommittén utarbeta förslag till mål och riktlinjer för de samlade FoU-insatserna på energiområdet under den kommande tioårsperioden. Så långt möjligt och särskilt för de närmaste åren bör kommittén föreslå konkreta FoU-program med kostnadsangivelser. Härvid bör särskilt beaktas vilka uppgifter som kan bedrivas i nordiskt eller vidare internationellt samarbete.

Programkommittén bör samråda med de myndigheter och andra organ som arbetar på området, t. ex. statens industriverk, statens vattenfallsverk, styrelsen för teknisk utveckling, överstyrelsen för ekonomiskt försvar, statens råd för byggnadsforskning, statens råd för atomforskning och AB Atomenergi. Samråd bör vidare ske med EPU samt KÄRNSÄK-FORSK och AKA-utredningen. De två sistnämnda skall alltjämt bearbeta FoU-frågor inom sina resp. områden.

Utredningsarbetet bör bedrivas i sådan takt att resultatet kan föreligga före utgången av augusti månad 1974.

## Bilaga 2. Genomförda hearings

### A1 *Utvinning av energiråvaror samt icke-konventionella energiprocesser*

Solenergi, vindenergi m m  
Fusionsteknik, MHD  
Bränsleceller m m  
Utvinning av energiråvaror  
Icke-konventionell användning av bränslen  
Icke-konventionella energisystem

### A2 *Fissionsteknik*

Uranutvinning, kärnbränslecykeln  
Kärnkraftreaktorer  
Samråd Aka-utredningen och Kärnsäkforsk

### A3 *El-, gas- och värmeförsörjning*

Vattenkraft  
Gasproduktion och distribution  
Elektrisk kraftöverföring  
Produktion av värme och värmebaserad elkraft  
Värmedistribution  
Miljöfrågor inom el-, gas- och värmeförsörjning  
Energiekonomi, systemfrågor

### B1 *Malm-, järn- och stål-, metall- och verkstadsindustri*

Ståltillverkning  
Stålbearbetning  
Metallframställning  
Gruvindustrin  
Grovplåtsbearbetning  
Tunnplåtsbearbetning  
Finmekanisk industri  
Tung mekanisk industri  
Gemensamma processer

- B2 Petroleum-, kemi-, plast- och gummivaruindustri*
- B3 Skogs-, massa-, pappersindustri samt grafisk industri*
- B4 Jordbruk, livsmedels- och övrig industri*  
Petroleum-, kemi-, plast-, gummivaruindustri samt livsmedelsindustri
- B5 Byggnadsindustri, jord- och stenindustri samt offentlig och privat förvaltning*  
Fabrikstillverkning av betong  
Fabrikstillverkning av byggnadsdelar  
Cement, kalk och lättbetong  
Husbyggnad  
Anläggningsverksamhet  
Tegel  
Isolering, glas och beklädnad  
Offentlig och privat förvaltning
- B6 Återvinning av energikrävande varor*  
Återvinning av energikrävande varor
- C Energianvändning för transporter och samfärdsel*  
Transporter, systemfrågor  
Transporter, drivsystem
- D Energianvändning för lokalkomfort och hushåll*  
Hushåll  
Försörjningsteknik I  
Försörjningsteknik II  
Bef byggnader I  
Bef byggnader II  
Nybyggnad A  
Nybyggnad B  
Nybyggnad C  
Bebyggelse

## Bilaga 3 Reservationer och särskilda yttranden

### *Reservation av ledamoten Carl Tham beträffande kommitténs programförslag*

Den svenska energipolitiken har hittills, liksom i andra länder, ensidigt tagit sikte på att säkra landets energiförsörjning genom att öka energiproduktionen. Det är på denna sida vi finner de stora intressenterna, det är här statsmakterna har satsat betydande summor på forskning och utveckling. Detta gäller särskilt kärnkraften. Nära fyra femtedelar av det statligt finansierade FoU-arbetet gäller kärnkraften. Bara några få procent har syftat till att åstadkomma effektivare energianvändning och sparsamhet med energi.

EPK:s betänkande ger en antydning om de möjligheter som finns att genom forskning och utveckling samt lämpliga styrmedel åstadkomma mycket betydande energibesparingar. Utredningens förslag härvidlag måste, som kommittén också framhåller, ses som en första inventering av möjligheterna. Den existerande intressestrukturen på energiområdet har emellertid satt sin prägel också på kommitténs förslag. Energiproduktionsområdet upptar en mycket betydande del av de totala kostnaderna för statligt finansierad FoU och kärnkraften intar även i EPK:s förslag en särställning, och upptar ca en tredjedel av den totala föreslagna satsningen och drygt 50 % av satsningen på FoU rörande energiproduktion.

AB Atomenergi som står för expertbilagan vad gäller fissionskraften har, tämligen naturligt sett från Atomenergis utgångspunkter, utgått ifrån att kärnkraftsutbyggnaden fortsätter.

Kommittén har inte heller haft till uppgift att förelägga statsmakterna rekommendationer om en fortsatt kärnkraftsutbyggnad skall ske eller ej. Däremot måste det ligga inom kommitténs uppdrag att anvisa olika handlingslinjer vad gäller FoU-satsningen. Om statsmakterna av olika skäl anser det lämpligt att avstå från fortsatt kärnkraftsutbyggnad måste detta självfallet sätta sin prägel på den framtida FoU-satsningen. Detta gäller också kärnkraften. Representanter för Atomenergi har förklarat att man anser att ett forskningsprogram av här skisserad modell bör genomföras oavsett om statsmakterna satsar på fortsatt kärnkraftsutbyggnad eller ej. Detta har också kommitténs majoritet accepterat.

Enligt min mening är detta inte tillfredsställande. Det är visserligen riktigt att redan beslutad kärnkraftsutbyggnad förutsätter en fortsatt

forskning, främst kring säkerhetsfrågor. Detta sker emellertid väsentligen inom ramen för Kärnsäkforsk och Aka-utredningen och ligger utanför EPK:s programområde. Det är också ett svenskt intresse att följa den internationella forskningsfronten på området och att delta i eventuellt internationellt forskningssamarbete som syftar till internationell kontroll av bl a plutoniumhanteringen. Men eftersom statliga FoU-satsningar alltid måste vara fråga om en prioritering mellan knappa resurser är det enligt min mening inte rimligt att i ett läge, där statsmakterna satsar på andra energikällor samt mer rejäla sparinsatser låta fissionskraften ta hand om en så stor del av forskningsbudgeten. Det går inte att nöja sig med att de berörda experterna själva anser att FoU-programmet under alla omständigheter måste fullföljas.

Som bekant har anslagsäskande myndigheter och institutioner alltid en benägenhet att hävda att begärda anslag nätt och jämnt räcker till för att institutionen ifråga skall kunna hålla näsan över vattnet. Det gäller inte minst på forsknings- och utvecklingsområdet där möjligheterna att göra av med anslag, med de mest skilda motiveringar, är mycket stora. Satsningarna får också en sorts självgenererande effekt genom att de i ett senare beslutsstadium tas till intäkt för fortsatta satsningar i ännu större skala så att icke redan satsade medel skall vara bortkastade. Alternativ på väsentligt lägre kostnadsnivåer bearbetas sällan. På så sätt kan en existerande struktur på FoU styra framtida beslut. Den enda möjligheten är då att genom ett politiskt beslut sätta en lägre anslagsnivå och låta institutionen ifråga anpassa sin verksamhet efter detta.

I den händelse den nu planerade kärnkraftsutbyggnaden icke fullföljes bör således anslagen till fissionsforskningen sättas väsentligt lägre än vad som här är föreslaget. Statsmakterna får uppdra till Atomenergi och andra berörda experter att inkomma med en minimiplan. Det bör således bl a innebära att lättvattenprogrammet bantas ned, att satsningarna på nya reaktortyper väsentligt beskärs och att FoU-satsningar kring svenska kärnkraftsdrivna båtar, anrikningsanläggningar och uppdrifts- och underhålls- anläggningar tills vidare hålles på en mycket blygsam nivå. De medel som härigenom friställes bör naturligtvis satsas på andra centrala sektorer inom energiområdet.

En omfattande satsning på effektiva sparmetoder inom energiområdet är under alla förhållanden önskvärd. En sådan satsning minskar naturligtvis också behoven av fortsatt utbyggnad av energiproduktionen. Men självfallet måste en viss utbyggnad ske. I EPK:s förslag finns upptaget satsningar på olika alternativa energikällor och energiförsörjningssystem. Men ett nej till fortsatt kärnkraftsutbyggnad innebär naturligtvis att satsningen på de alternativa systemen måste bli mer omfattande. Vad som här i första hand är intressant är forskning och utveckling kring ett energiförsörjningssystem som bygger på vissa organiska bränslen (kol, naturgas, torv och avfall) som i sin tur konverteras till gas eller metanol. Kommittén har också framhållit betydelsen av detta arbete och vidare att satsningen måste öka om kärnkraftsutbyggnaden ej fullföljes. I ett appendix till en av bilagorna presenteras ett synnerligen omfattande sådant forskningsprogram, vars syfte är att göra Sverige mindre beroende

av olja och/eller kärnkraft. Den beräknade FoU-insatsen uppgår till drygt 300 Mkr på en tioårsperiod.

Jag instämmer till sist i vad riksdagsman Bengt Sjönell i en särskild reservation har anfört angående värdet av fortsatta undersökningar på det geotermiska området.

### *Reservation av ledamoten Bengt Sjönell*

Jag kan inte biträda kommittémajoritetens förslag i de delar som siktar till att genom forsknings- och utvecklingsinsatser ge förutsättningar för ytterligare utbyggnad av kärnkraften.

Min negativa inställning till sådan FoU-satsning är främst grundad på det faktum att säkerhets- och avfallsproblemen i samband med kärnreaktordrift ännu är långt ifrån lösta. De sannolikhetsberäkningar rörande den kommande frekvensen av reaktorolyckor som presenteras utvisande mikroskopiskt små risker – en olycka på 1 miljon driftår etc – förefaller mig, eftersom statistiken kunnat grundas endast på nybyggda anläggningar, ungefär lika meningsfulla som beräkningar rörande antalet reparationer en nyinköpt bil kommer att undergå under sin livstid när beräkningarna görs på ett test av bilen efter 100 mils körning och testet dessutom avser en helt ny bilmodell. Det förefaller för övrigt osäkert om avfallsproblemen över huvud taget går att lösa inom de ramar som naturlagarna medger. Min vägran att godtaga en ytterligare kärnkraftsutbyggnad så länge som de ovan angivna säkerhets- och avfallsproblemen inte lösts underbygges emellertid även av ett annat väsentligt skäl, nämligen det ekonomiska. Det finns enligt min mening grundad anledning anta, att uppförandet av ytterligare 13–17 kärnkraftverk utöver de 11 beslutade intill mitten av 1980-talet kan bli den mest gigantiska felinvesteringen i Sveriges historia. En sådan utbyggnad förutsätter enligt expertmaterialet att bli en anriktningsanläggning för uran uppföres inom landet, för vilken kostnaden i dagens penningvärde icke torde understiga 2 miljarder kronor. Totalt torde utbyggnaden – vilken under vissa icke osannolika förutsättningar kan bli en sådan felinvestering – sannolikt belöpa sig på 30–40 miljarder kronor. Felsatsningen på tungvattenprojektet vid Marviken vilken kostade skattebetalarna intill 1 000 miljoner kronor står i färskt minne. Den förutsättning, vars uppfyllande snabbt skulle komma en hastig och omfattande utbyggnad av kärnkraften – som majoriteten förordar – att framstå som en allvarlig ekonomisk felsatsning, är ett lyckosamt framtagande av nya primärenergikällor helst av oändlig omfattning.

Såvitt jag kan finna finns det ingenting i expertmaterialet eller av vetenskapliga fakta som framlägges i den internationella debatten som motsäger att dylika energikällor i framtiden kommer att bli tillgängliga. Osäkerheten gäller endast när i framtiden dessa källor kan börja att utnyttjas. De energikällor av nyssnämnda slag, som är mest intressanta och som alla delar egenskapen att vara av oändlig omfattning är den direkta solenergin, fusionsenergin och den geotermiska energin eller jordvärmerna. Expertutlåtandena ger vid handen att tekniken för civilt

utnyttjande av fusionskraften förutses vara teoretiskt löst mot mitten eller slutet av 1980-talet för att vara kommersiellt utnyttjbar omkring eller strax efter sekelskiftet.

Beträffande den geotermiska energin har denna inte förrän på den allra senaste tiden blivit föremål för vetenskaplig forskning och intresse – ett intresse som nu växer utomordentligt snabbt världen över – men redan nu tillgängliga fakta synes ge vid handen att denna energiform som är praktiskt taget oändlig för det första kan åtkommas och utnyttjas inte bara i vulkaniska områden utan överallt på jorden, även i länder som Sverige med fast berggrund av hög ålder. För det andra kan denna värmeenergi förutom till uppvärmning utnyttjas till elproduktion med redan känd och relativt enkel teknik i form av turbindrift genom av jordvärmens alstrad överhettad ånga. Detta gör att FoU-satsningar på den geotermiska energin kan komma att göra denna praktiskt utnyttjbar redan före fusionskraften. Preliminära beräkningar av amerikanska forskare ger vid handen att den geotermiska energin kommer att bli väsentligt billigare än kärnenergin. Till samma uppfattning har sovjetryska forskare kommit. Det problem och den uppgift som återstår att tackla och lösa är framtagandet av en utvecklad specialinriktad djupborrningsteknik och utforskandet av de i alla länder förekommande naturliga sprickbildningar i berggrunden, där borrhål för tillgodogörandet av den geotermiska värmeenergin lämpligen bör upptagas.

Mot denna bakgrund förefaller det mig vara närmast ekonomiskt lättsinne att i sådan hast och i sådan omfattning som majoriteten förordar satsa samhällsliga medel på forskning och utveckling av kärnkraften. Detta gäller framför allt de FoU-medel man önskar ge till utveckling av breeder-reaktorer och de gaskylda högttemperaturreaktorerna. I detta sammanhang kan jag inte sträcka mig längre än till att medel får avsättas för fortsatt svenskt deltagande i det sk Dragonprojektet. Även den av kommittémajoriteten förordade satsningen på lättvattenreaktorer torde kunna nedbantnas.

Det är inte osannolikt att när de av majoriteten förordade satsningarna på sådant FoU-arbete som är en förutsättning för att en fortsatt utbyggnad av kärnkraften med bl a breeder-reaktorer i slutperspektivet, mögnar ut i färdigbyggda reaktorer och tillhörande omfattande anläggningar av olika slag, dessa kommer att framstå fullständigt föråldrade och närmast av skrotvärde, därför att effektivare, billigare och ofarlig energi av oändlig omfattning börjat tas i bruk. Till detta kommer att olja, därtill på nära håll i Norge kommer att vara tillgänglig i riklig omfattning åtminstone de närmaste 100 åren. Några hastiga beslut att bygga ut kärnkraften ytterligare är således enligt min mening icke motiverade.

Jag förordar att de besparingar som göres på den av kommittén föreslagna totala FoU-ramen genom nedbantningen av kärnenergi-programmet lägges på åtgärder inom energianvändningsområdet i besparande och återvinnande syfte, på lokalkomfortområdet etc. Särskild vikt bör läggas vid forskning och utveckling i syfte att erbjuda ett bättre utnyttjande av energin ur organiska bränslen såsom kol, naturgas, torv, skogsavfall och annat avfall, vilket allt kan omvandlas till gas eller

metanol. Särskilt energiska forsknings- och utvecklingsinsatser måste dessutom göras på återvinningshanteringen i dess olika former främst den industriella. Dessutom föreslår jag en kraftig FoU-satsning på den geotermiska energin närmast i form av utveckling och förfining av borrhningstekniken samt på provborrningar inom olika naturliga sprickbildningsområden i Sverige, sådana som återfinnes i Skåne, Bergslagen, Västergötland, efter Norrlandskusten m fl områden. Resultaten av dessa provborrningar som främst syftar till temperaturmätningar bör hopsamlas, bearbetas och utvärderas av en självständig och av kommersiella intressen oberoende vetenskaplig institution, som därefter också bör anförtros uppgiften att låta framtaga prototyper på geotermiska kraft- och värmeverk.

Kostnaden för en FoU-satsning på den geotermiska energin är självfallet svårt att ange, men torde under första året inte komma att understiga 3–4 miljoner kronor för att därefter stiga beroende på omfattningen av de åtgärder de första satsningarna kan föranleda.

Jag vill till sist instämma i partisekreteraren Carl Thams förslag om inrättande av ett särskilt forskningsfinansierande organ för stöd åt forskning och studier rörande energifrågorna.

### *Reservation av ledamoten Carl Tham beträffande forskningsorganisationen*

EPK:s programförslag gäller väsentligen målinriktad forskning och utveckling av huvudsakligen teknisk natur. Kommittén har vidare betonat betydelsen av en icke målbunden grundforskning inom de här aktuella disciplinerna. Därutöver föreligger emellertid ett starkt växande behov av ekonomiskt och socialt inriktad icke målbestämd forskning, av grundläggande och tillämpad karaktär, således innefattande även metod och teoriutveckling. En del av dessa önskemål tillgodoses genom de föreslagna satsningarna på systemforskning.

Den senaste tidens diskussioner om energipolitiken har emellertid också illustrerat betydelsen av vetenskapliga studier som kritiskt kan belysa inslag i den gällande politiken eller i utredningsförslag som är förelagda statsmakterna. Många inslag i de energipolitiska bedömningarna är kontroversiella och inte sällan föreligger olika uppfattningar mellan experter och vetenskapsmän, också i vetenskapliga och tekniska bedömningar av olika åtgärders och systems effekter. Kärnkraftsfrågan är givetvis det mest aktuella exemplet men det finns även andra. Politiker och medborgare kräver på goda grunder ett allsidigt beslutsunderlag som också ger full rättvisa åt de kritiska invändningar som kan förekomma mot olika tänkta handlingslinjer. Det är inte realistiskt att räkna med att detta behov kan eller ens bör tillgodoses enbart av den offentliga utredningsapparaten eller av sådan forskning och utveckling som kommer till stånd inom ramen för de av statsmakterna angivna FoU-programmen. Detta har många gånger framhållits i riksdagen och även i utredningen "Att välja framtid" (SOU 1972:59). Utredningen ansåg sig kunna



konstatera allvarliga brister i det offentliga utredningsväsendets produkter vad gäller frågor av långsiktig karaktär och menade att den kritiska forskningen vid universitet och högskolor måste ges stimulans så att den effektivare kan motbalansera den starka tillväxten av utrednings- och planeringsresurser såväl hos statliga verk som industri och branschorgan. Detta resonemang har enligt min mening klar tillämplighet på det energipolitiska området. Jag vill därför principiellt förorda inrättande av ett särskilt forskningsfinansierande organ som kan stödja icke målbunden forskning och studier rörande energifrågorna. Det är alltså fråga om att stödja forskningsinsatser vid sidan av det målbestämda statliga FoU-programmet, bl a i syfte att få fram en kritisk belysning av beslut eller föreslagna handlingslinjer (s k aktionsforskning). I allmänhet torde det bli fråga om att finansiellt stödja forskning vid universitet och högskolor. Organet ifråga skall också ha möjligheter att initiera forskning och studier och därigenom bl a komplettera de övergripande systemstudier som enligt kommitténs förslag ligger inom ramen för det målbestämda FoU-arbetet. Olika organisationsformer kan tänkas. En möjlighet är att knyta verksamheten till riksbanksfonden, som en underavdelning. En annan är att inrätta ett särskilt "energiforskningsinstitut", som dock inte skall bygga upp en egen forskningsorganisation. Det vore vidare önskvärt att här åstadkomma ett nordiskt samarbete. Därigenom kan knappa forskningsresurser utnyttjas mer effektivt samtidigt som samarbetet kan ge intressanta uppslag och utvecklingsmöjligheter. Enligt min mening borde kommittén ha framlagt dessa synpunkter och förslag som sina.

### *Särskilt uttalande av ledamoten Inga Thorsson*

Det är för mig angeläget att först och främst framhålla att kommitténs med nödvändighet forcerade arbetstakt jämte mina egna samtidiga internationella förhandlingsuppdrag gjort det svårt att på ett tillfredsställande sätt delta i kommitténs arbete. Jag har sålunda endast närvarit vid dess första och två avslutande sammanträden. Jag har emellertid inte ansett mig kunna underlåta att i samband med slutförandet av kommitténs uppdrag formulera några egna synpunkter i ett särskilt uttalande.

De politiska riktlinjerna för den samhälleliga utvecklingen måste styra forsknings- och utvecklingsarbetet på för människorna och samhället viktiga områden, och inte tvärtom. Å andra sidan krävs ett visst mått av riktat FoU för att väl avvägda politiska riktlinjer skall kunna fastställas. Detta gäller i eminent grad det vitala område som energiförsörjningen utgör och skapar det dilemma som jag uppfattat som ett inslag i energiprogramkommitténs arbete, i nuvarande läge och med strukturen av det totala pågående utredningsarbetet på energiområdet.

I fråga om energiförsörjningen befinner sig världshushållet i ett kritiskt övergångsskede av obestämd längd. En snabb utbyggnad av fissionsenergin uppfattas av många, experter och lekmän, som en möjlighet att bemästra försörjningssvårigheterna i en högre grad av olje-oberoende än för närvarande. Av andra, experter och lekmän, uppfattas denna energi-

källa som försedd med så många mer eller mindre allvarliga faro- och osäkerhetsmoment att de ställer sig starkt kritiska mot dess utnyttjande. Många människor känner sig tveksamma och oroliga inför en fortsatt snabb utbyggnad av fissionsenergin så länge inte utbredd enighet råder bland experterna om dess säkerhets- och miljöaspekter. Ingen kan vidare bestrida att varken frågan om handhavandet av den snabbt växande mängden plutonium som en biprodukt vid energiproduktionen eller frågan om omhändertagandet om det högaktiva avfallet hittills har lösts. Problemen sammanhängande med förvaring, transporter och återföring av plutonium har också en militär rustningsaspekt. Vapentechnologins utveckling kan snart göra reaktorplutonet direkt användbart i kärnvapenladdningar och den väntade snabba ökningen av plutoniumframställningen vid kärnreaktorerna runt om i världen ökar därmed i framtiden riskerna för fortsatt kärnvapenspridning i en obestridlig men okänd omfattning och i ännu högre grad än då omvandling till vapenplutonium kräver en speciell teknisk process.

Huruvida statsmakterna skall besluta att i energiförsörjningens nuvarande kritiska skede företa en fortsatt utbyggnad av fissionsenergi i enlighet med tidigare planer är därför en fråga av utomordentligt stor räckvidd och med många svårbedömbara aspekter.

Det framstår för mig i detta läge som ett allvarligt dilemma att ta ställning till ett FoU-program på fissionsenergis område innan regering och riksdag fattat beslut om energipolitikens fortsatta inriktning. Detta dilemma framskymtar här och var i kommitténs skrivningar i kapitel 6 och 7. I kapitel 6 framhåller kommittén: "När statsmakterna tar ställning i denna fråga (= fortsatt utbyggnad av kärnkraften) eller i andra frågor av energipolitisk natur, får detta konsekvenser för FoU-programmets genomförande emedan FoU är ett av de viktiga medlen att förverkliga målen". På många samhällsområden har emellertid erfarenheten visat att FoU som ett målförverkligande medel kommit att inverka på och styra målformuleringar. Jag har icke kunnat uppnå en för mig betryggande säkerhet om att det FoU-program som förordas på fissionsenergis område är nödvändigt och försvarbart även för den händelse statsmakternas beslut kommer att innebära en avsevärt lägre utbyggnadstakt på detta område än man tidigare planerat. Inte minst är det för mig utomordentligt angeläget att det föreslagna FoU-delområdet i fråga om bldreaktorerna bidrar till att ge statsmakterna total handlingsfrihet vid ett framtida beslutsfattande i detta avseende och därför specialinriktas på största möjliga kompetens att bedöma forskningsresultat rörande denna reaktortyps säkerhets- och miljöproblem.

Mitt huvudproblem är att jag skulle vilja ha sett olika FoU-alternativ utarbetade i fråga om fissionsenergin avpassade efter kommande alternativa energipolitiska beslut.

Kommittén understryker i många sammanhang med rätta vikten av ett fortsatt utvidgat internationellt samarbete inom FoU på energiområdet. I få andra avseenden framstår detta som lika nödvändigt som i fråga om förvaring, transporter och återföring av extraherat plutonium. Kommittén går inte in på nödvändigheten av ett internationellt samarbete i just

detta avseende. Enligt min uppfattning är plutoniumproblemet av sådan art och ett sådant internationellt allvar att det snarast bör helt handläggas av en ansvarig internationell myndighet inom Förenta Nationernas ram. Jag har självfallet ingen invändning mot att vi i Sverige genom FoU sätter oss i stånd att delta i ett sådant samarbete.

Slutligen kan jag inte bortse från det enligt min uppfattning önskvärda i att vid avvägningen mellan olika FoU-insatser på det totala energiförsörjningsområdet också kunna bedöma användningen av, och öknings-takten i användningen av, energiresurserna i Sverige jämfört med i fattiga och mindre gynnade länder, liksom proportionerna mellan energiproduktionen och andra angelägna områden och samhällsuppgifter. Samtidigt som jag är medveten om att problemet är energipolitiskt och över huvud taget inte berörts i energiprogramkommitténs direktiv, kan jag inte underlåta fråga mig om utfallet av kommitténs arbete skulle ha blivit annorlunda om en sådan bedömning varit anbefalld för samtliga de på energiområdet verksamma utredningarna.

### *Särskilt yttrande av experten Dick Lundqvist*

#### *Kan vi bygga svensk energiproduktion på jordens värme?*

Det finns ett gemensamt drag hos nästan alla de alternativa energikällor som förs fram i debatten såsom lockande ersättning för oljan och kärnkraften: De är mer eller mindre oprövade.

Som en följd av detta naturliga förhållande vet vi inte så mycket om deras nackdelar i avseende på teknik, ekonomi, miljö, hygien eller sociala konsekvenser. Men just därför att vi inte känner dessa virtuella svagheter lockas vi omedvetet att tro att alternativen saknar dem och därvidlag är överlägsna de intensivt studerade system, där problemen kommit i dagen. Vi hoppas därför att de skall bli våra frälsarkransar, där vi ängsligt söker manövrera oss fram mellan oljeprisernas Scylla och kärnkraftens Charybdis.

Men när vi steg för steg börjar analysera de nya alternativen, som delvis är ganska gamla, upptäcker vi snart att svagheter sannerligen finns där och kan vara ganska markanta. Skördandet av energi ur solens strålning, ur vindarna eller ur havens vågor visar sig bli kostsammare än vad det blir att utnyttja olja t o m med dagens monopolpriser. De oerhörda energimängderna i solstrålningen är så utspädda och fluktuerar så att man måste bygga utomordentligt stora och kostsamma anläggningar för att få fram de energimängder man behöver och på de platser där man vill ha dem tillgängliga.

Den geotermiska energin erbjuder en parallell till solenergin. Den strömmar upp emot oss i en mycket låg koncentration. Det finns visserligen en väldig mängd termisk energi i jordens inre, men den är, lyckligtvis för oss, normalt väl isolerad från vår livssfär genom jordskorpan. Mätt med jordens diameter som mått kan denna skorpa visserligen te sig riskabelt tunn, men när vi vill borra oss ned i den för att hämta upp dess skatter av mineral, olja och, nu senast, värme, då förefaller den tjock

och motståndskraftig nog för att ge oss betydande problem och kostnader.

Det är bara i vissa avgränsade stråk och områden på jorden, där den heta magman tränger upp mot ytligare skikt i sprickor eller försvagningar (veckningar) som vi förhållandevis enkelt kan nå ner till varma fickor med hetvattensjöar etc. Om man där vill ta ut verkligt stora kvantiteter värme måste man dock inrikta sig på att utvinna den direkt ur hett, fast berg (hot rocks).

I USA har AEC:s vetenskapliga laboratorium i Los Alamos (LASL) föreslagit att man skall ta upp ett studium av hur en sådan utvinning skulle kunna gå till. Deras undersökningsområde har där lagts nära en stor magmahärd. Man räknar där med att kunna nå  $300^{\circ}\text{C}$  på bara 2 300 m djup. Temperaturgradienten bör sålunda i detta område vara ca  $130^{\circ}$  per km och det totala projekterade djupet på hålet är ganska normalt för oljeborrningar. Detta är ett i och för sig intressant projekt, som det skall bli spännande att följa.

Men om vi betraktar förhållandena i Sverige har vi följande fakta att hålla i minnet: Den svenska berggrunden har – så vitt känt är – inga ytnära magmakammare. Dess kända temperaturgradient är  $15^{\circ}$  ( $30^{\circ}$ ) per km. Men kartläggningen av temperaturförhållandena i vår berggrund är bristfällig och bör kompletteras med nya mätningar.

Skälet till att man i LASL-projektet siktar ned till  $300^{\circ}$ -nivån är att man behöver minst denna temperatur för att generera elkraft ur den alstrade ångan. Men om vi i Sverige skulle försöka nå en  $300^{\circ}$ -nivå skulle vi tydligen behöva borra 20, eller i bästa fall 10 km. Enligt amerikanska uppgifter kostar ett borrhål till 10 km djup ca 6 M \$ och kostnaden är ungefär proportionell mot 3:e potensen av hålets djup. 10 km är för övrigt den ungefärliga gränsen för vad man för närvarande kan klara. Amerikanska experter anser också att djupare hål än 5 km aldrig kan löna sig för geotermi.

Vi måste sålunda för Sveriges vidkommande helt avstå från hoppet att kunna utnyttja geotermi för att alstra elektrisk energi.

Hur ställer det sig då, om vi skulle begränsa oss till ett projekt syftande till att producera varmvatten för uppvärmning av lokaler och bostäder? I och för sig kunde redan ett sådant projekt vara tillräckligt attraktivt, eftersom vi har ett så pass väl utbyggt fjärrvärmenät. Vi skulle om det lyckades kunna göra avsevärda besparingar i vår oljeimport.

I bästa fall skulle vi kunna hitta den erforderliga  $150^{\circ}$ -nivån på 5 km djup. Kostnaden för ett hål med detta djup ligger på ca 1 M\$.

Antag då, att vi på max 5 km djup har funnit en gynnsam lokal. Vi har borrat oss dit med normal oljeborrningsteknik, vilket bestämmer hålets diameter. Därmed kan vi också infodra hålet med en normal olje-liner. Nere i värmekammaren har vi så genom sprängning med trotyl eller med hjälp av "kallvattenchocker" rymt upp ett värmeväxlarrum, i vilket vi kan låta det vatten värmas, som vi drivit ned och sedan skall pumpa upp så snabbt som rörledningens dimensioner medger. Om allt går väl skulle vi kunna ur varje borrhål ta ut ca 50 MW och samma hål kunde kanske utnyttjas under (högst) 5 år. Om hålet kostar ovan nämnda 1 M\$ blir vår

investeringskostnad för hålet endast ca 100 kr/kWh. Om vi så kan utnyttja hålet 6 000 timmar per år, dvs 30 000 timmar totalt under den antagna livslängden, skulle investeringskostnaden utslagen per producerad kWh (termisk energi) bli ca 0,5 öre, dvs samma storleksordning som kärnbränslekostnaden. Sedan tillkommer kostnader ovan mark.

Men för att ett sådant projekt skall få framgång måste ett antal förutsättningar uppfyllas:

- 1 Vi måste verkligen hitta 150°-nivån på max 5 km djup.
- 2 Områdena, där vi finner sådana värmelokaler, måste ligga nära de större förbrukningsplatserna (max 20 km avstånd).
- 3 Värmelokalen bör helst uppträda inom en kropp av porös (sedimentär) bergart, som har en sådan mäktighet, att dess värmekapacitet räcker för många års avtappning. Detta sammanhänger med att konventionell oljeborrningsteknik har metoder för att kring röret skapa erforderliga krosskammare.
- 4 Om värmelokalen ligger i fasta bergarter måste man finna ännu okända lösningar på problemet att åstadkomma sådana krosskammare i fast berg.
- 5 Runt omkring värmeväxlarrummet måste berggrunden samtidigt vara tillräckligt tät, så att inte det injicerade vattnet försvinner.
- 6 Tekniken att ta upp varmvattnet från 5 km djup måste utvecklas.

Sannolikheten ter sig mycket liten för att de ovan givna förutsättningarna skall bli samtidigt uppfyllda i Sverige och inom överskådlig tid.

Ännu har heller ingen fått fram de lämpliga hjälpmedlen för utvinning av värme ur fast berg (hot rock) och därmed kunnat påvisa att principen fungerar i praktiken. Detta är ett problemkomplex som kräver stora koordinerade insatser och betydande ekonomiska resurser för att lösas.

Om dessa resurser kommer att satsas – och det kommer väl troligen att ske bl a i USA och Japan – så kan det tänkas att systemet i framtiden kommer att visa sig fungera. Men i dag vet vi inte någonting säkert om detta. Ändock har vi ovan inte ens snuddat vid miljö- och säkerhetsaspekterna, vilka sannerligen inte får försummas ens för den geotermiska energin.

Sammanfattningsvis måste vi konstatera, att de bräckliga förhoppningarna om en framtida partiell försörjning med geotermisk energi absolut inte duger som motiv för ett uppskov med det brådskande utbyggandet av kärnkraften och vattenkraften.

## Bilaga 4 Använda energienheter

De allmänt mest kända energienheterna är kilowattimme (kWh) och kilokalori (kcal). I det internationella SI-systemet mäts energi i första hand i joule (J).

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J} = 859,2 \text{ kcal}$$

För att ange multiplar av måttstorheter används prefix.

k (kilo) = tusen	$10^3 =$	1 000
M (mega) = miljon	$10^6 =$	1 000 000
G (giga) = miljard	$10^9 =$	1 000 000 000
T (tera) = tusen miljarder	$10^{12} =$	1 000 000 000 000

Elektrisk energi mäts av hävd i kWh (eller multiplar därav). Bränslen har i regel mätts i vikt eller volym, vilket från jämförelsesynpunkt är opraktiskt. Värmevärdet, dvs energiinnehållet, är olika för olika bränslekvaliteter. Kvantiteten bränsle har därför ofta angetts genom sitt energiinnehåll i kalorier (eller multiplar därav), eller genom att referera till den kvantitet av ett bränsle som motsvarar samma energiinnehåll, t ex ton ekvivalent olja, toe.

$$1 \text{ toe} = 10 \text{ Gcal} = 11,63 \text{ MWh} = 41,87 \text{ GJ}$$

### Energiinnehåll i olika bränslen

Bränsle	toe	GJ	MWh
1 ton kol	0,65	27,2	7,6
1 ton koks	0,67	28,1	7,8
1 000 m <sup>3</sup> stadsgas	0,40	16,7	194,2
1 m <sup>3</sup> motorbensin	0,75	31,4	365
1 ton motorbensin	1,03	43,1	501
1 m <sup>3</sup> motorfotogen	0,835	35,0	407
1 ton motorfotogen	1,03	43,1	501
1 m <sup>3</sup> motorbrännolja	0,85	35,6	414
1 ton motorbrännolja	1,02	42,7	496
1 m <sup>3</sup> eldningsolja 1-2	0,85	35,6	414
1 ton eldningsolja 1-2	1,02	42,7	496
1 m <sup>3</sup> eldningsolja 3-5	0,93	38,9	452
1 ton eldningsolja 3-5	0,985	41,2	479
1 000 m <sup>3</sup> naturgas	0,80	33,5	390
1 ton gasol	1,12	46,9	545
1 MWh	0,086	3,6	1
1 toe	1	41,9	11,63

Vid omvandling mellan el- och värmeenergi gäller att primäreenergi i ett värmekraftverk (oljekondens-, kärnkraftverk etc) kan omvandlas till elenergi med en verkningsgrad som normalt är lägre än 40 %. Därför anges ibland effekt och energimått med index som markerar huruvida måttet avser värmeenergi (index t) eller elenergi (index e).

Med 35 % verkningsgrad gäller då t ex att  $100 \text{ MW}_e = 285 \text{ MW}_t$

## Förkortningslista

AFR	Statens råd för atomforskning
Aka-utred- ningen	Utredningen om radioaktivt avfall
BFR	Statens råd för byggnadsforskning
CDL	Centrala driftledningen
ECG	Energisamordningsgruppen
EG	Den europeiska gemenskapen
EPK	Energiprogramkommittén
EPU	Energiutredningen
FOA	Försvarets forskningsanstalt
FoU	Forskning och utveckling
IAEA	International Atomic Energy Agency
IVA	Ingenjörsvetenskapsakademien
KTH	Tekniska högskolan i Stockholm
Kärnsäk- forsk	Delegationen för forskning rörande kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor
LNG	Flytande naturgas
LTH	Lunds tekniska högskola
MHD-gene- rator	Magneto-hydrodynamisk generator
MITI	Ministry of International Trade and Industry (Japan)
NEA	Nuclear Energy Agency
NFR	Statens naturvetenskapliga forskningsråd
NJA	Norrbottens Järnverk AB
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries
SGU	Sveriges geologiska undersökning
STU	Styrelsen för teknisk utveckling
TFD	Transportforskningsdelegationen
UKÄ	Universitetskanslersämbetet
ÖEF	Överstyrelsen för ekonomiskt försvar

Vissa förkortningar som förekommer endast i ett enstaka moment har icke medtagits. Förkortningar för fysikaliska storheter återfinns i bilaga 4.





## Referenser

### *Allmänt*

1. Lägesrapport från Energiprognosutredningen  
Industridepartementet  
Ds I 1973:2
2. Närförläggning av kärnkraftverk  
Betänkande av Närförläggningsutredningen  
SOU 1974:56
3. Kärnkraftens högaktiva fall  
Lägesrapport från Aka-utredningen  
Industridepartementet  
Ds I 1974:6
4. Avfall som energikälla  
Rapport från arbetsgruppen för avfallsfrågor  
Jordbruksdepartementet  
Ds Jo 1974:5

### *Kapitel 2*

5. World Energy Supplies 1961–1970  
Unites Nations Statistical Papers, Series J, No 15, New York 1972
6. World Energy Supplies 1968–1971  
United Nations Statistical Papers, Series J, No 16, New York 1973
7. Statistics of Energy 1956–1970  
OECD Basic Statistics, Paris 1972
8. BP Statistical Review of the World Oil Industry, 1973
9. World Energy Prospects  
British Petroleum, 1973
10. Uranium: Resources, Production and Demand,  
International Atomic Energy Agency-Nuclear Energy Agency, August 1973
11. The Petroleum Economist

### *Kapitel 3*

12. Svensk industri  
Industrins forsknings- och utvecklingsverksamhet  
Delrapport nr 4 från industristrukturutredningen  
SOU 1974:14

## Kapitel 4

För kapitel 4 har använts bl a material som sammanställts av tekniske attachén Thomas Eckered samt av IVA

13. Survey of Energy R & D in OECD Member Countries, Provisional text. OECD/DAS/SPR 74.41 jämte underlagsmaterial vid OECD-sekretariatet
14. Atomkraft och energifrågor  
Specialrapport USA 1973:1  
IVA Stockholm 1973, 21 p
15. USA:s energiförsörjning  
Specialrapport USA 1973:19  
IVA Stockholm 1973, 25 p
16. Rolf Andreasson  
Energisituationen i USA  
Aktuellt i Industripolitiken Stockholm, juni 1974 nr 6, p 7–9
17. Energi och energiforskning  
Specialrapport Frankrike 1973:8  
IVA Stockholm 1973, 19 p
18. Ingemar Lindholm  
Energisituationen i Frankrike  
Aktuellt i Industripolitiken Stockholm maj 1974 nr 5, p 13–23
19. Storbritanniens energisituation och energikrisen hösten 1973  
Specialrapport Storbritannien 1973:2  
IVA Stockholm 1974, 25 p
20. Gunnar Wannberger  
Energipolitiken i Storbritannien  
Aktuellt i Industripolitiken Stockholm, juni 1974, nr 6, p 12–22
21. Japans Sunshine Project  
Background Information, Ministry of International Trade and Industry  
March 1974, 67 p
22. R and D on New Energy Resources in Japan  
Minirapport Japan 1974:MI  
IVA Stockholm 1974, 14 p
23. Kärnenergi i Japan  
Specialrapport Japan 1972:5  
IVA Stockholm 1972, 6 p
14. Energiförbrukning och energiforskning  
Specialrapport Japan 1973:12  
IVA Stockholm 1973, 14 p
25. Japans energisituation  
Skrivelse från Svenska Ambassaden i Tokyo 16/8 1973
26. Rahmenprogramm Energieforschung 1974–77  
Bundesministerium für Forschung und Technologie  
Bonn, 8 jan 1974, 40 p
27. Sovjets bränsletillgångar viktiga för världens energiförsörjning  
Wladyslaw Ney  
Teknisk Tidskrift 1974 nr 3, p 28–32
28. Jón Sigurdsson  
Kinas energipolitik – en kommentar  
Aktuellt i Industripolitiken Stockholm maj 1974 nr 5, p 3–12
29. Danske energiprojekter  
Rapport till Teknologirådet från Dansk Teknisk Oplysningstjeneste (DK/S 198/73) den 14 januari 1974. Köpenhamn, Danmark
30. Energisituasjonens innflytelse på NTNFS virksomhet.  
Rapport från Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Forskningsråds Energiutvalg den 10 juni 1974. Oslo, Norge

31. Utländsk energi 74/4, IVA
32. Ekonomi, olja, energi,  
Skrivelse från svenska ambassaden i Tokyo 1974-05-16
- 33 "Energy file".  
New Scientist, 27 June 1974
34. Michael Kenward: The art of conservation  
New Scientist, 4 July 1974
35. Sean O'Donnell: Ireland turns to peat.  
New Scientist 4 July 1974

### *Kapitel 5*

För referenser hänvisas till expertmaterialet.

### *Kapitel 6*

36. Karl Evert Munther: Energiförbrukning i småhus.  
Rapport till statens råd för byggnadsforskning  
(BFR anslag D 699)

# Statens offentliga utredningar 1974

## Kronologisk förteckning

1. Orter i regional samverkan. A.
2. Ortsbundna levnadsvillkor. A.
3. Produktionskostnader och regionala produktionssystem. A.
4. Regionala prognoser i planeringens tjänst. A.
5. Boken Litteraturutredningens huvudbetänkande. U.
6. Förenklad konkurs m.m. Ju.
7. Barn- och ungdomsvård. S.
8. Rättegången i arbetstvister. A.
9. Samhälle och trossamfund. Sammanställning av remissyttranden över betänkanden av 1968 års beredning om stat och kyrka. U.
10. Data och näringspolitik. I.
11. Svensk industri. Delrapport 1. I.
12. Svensk industri. Delrapport 2. I.
13. Svensk industri. Delrapport 3. I.
14. Svensk industri. Delrapport 4. I.
15. Sänkt pensionsålder m.m. S.
16. Neutral bostadsbeskattning. Fi.
17. Solidarisk bostadspolitik. B.
18. Solidarisk bostadspolitik. Bilagor. B.
19. Högscoleutbildning. Läkarutbildning för sjuksköterskor. U.
20. Förslag till skatteomläggning m.m. Fi.
21. Markanvändning och byggande. B.
22. Vattenkraft och miljö. B.
23. Reklam V. Information i reklamen. U.
24. Förslag till hamnlag. K.
25. Fri sterilisering. Ju.
26. Motorredskap. K.
27. Mindre brott. Ju.
28. Räntelag. Ju.
29. Att utvärdera arbetsmarknadspolitik. A.
30. Jordbruk i samverkan. Jo.
31. Unga lagöverträdare V. Ju.
32. Solidarisk bostadspolitik. Följdfrågor. B.
33. Att översätta Gamla testamentet. U.
34. Grafisk industri i omvandling. I.
35. Spridning av kemiska medel. Jo.
36. Skolan, staten och kommunerna. U.
37. Mut- och bestickningsansvaret. Ju.
38. FFV. Förenade fabriksverken. I.
39. Socialvården. Mål och medel. S.
40. Socialvården. Mål och medel. Sammanfattning. S.
41. Statsbidrag till kommunal färdtjänst, hemhjälp och familjedagensverksamhet. Fi.
42. Barns fritid. S.
43. Utställningar. U.
44. Effekter av förpackningsavgiften. Jo.
45. Samordnad traktamentsbeskattning. Fi.
46. Befordringsförfarandet inom krigsmakten. Fö.
47. Installationssektorn. I.
48. Installationssektorn. Bilagor. I.
49. Bevissäkringslag för skatte- och avgiftsprocessen. Fi.
50. Information och medverkan i kommunal planering. Rapport. Kn.
51. Utbildning i förvaltning inom försvaret. Del 1. Fö.
52. Utbildning i förvaltning inom försvaret. Del 2. Fö.
53. Skolans arbetsmiljö. U.
54. Vidgad vuxenutbildning. U.
55. Utsökningsrätt XIII. Ju.
56. Närförläggning av kärnkraftverk. I.
57. Lägenhetsreserv. B.
58. Skolans arbetsmiljö. Bilagor. U.
59. Sexual- och samlevnadsundervisning. U.
60. Trafikbuller. Del I. Vägtrafikbuller. K.
61. Trafikbuller. Bilagedel. K.
62. Studiestöd åt vuxna. U.
63. Internationellt patentsamarbete I. H.
64. Energi 1985, 2000. I.
65. Energi 1985, 2000. Bilaga. I.
66. Svenska kyrkans gudstjänst. Huvudgudstjänster och övriga gudstjänster. Band 1. Gudstjänstordning m.m. U.
67. Svenska kyrkans gudstjänst. Huvudgudstjänster och övriga gudstjänster. Bilaga 1. Gudstjänst i dag. Liturgiska utvecklingslinjer. U.
68. Svenska kyrkans gudstjänst. Huvudgudstjänster och övriga gudstjänster. Bilaga 2. Den liturgiska försöksverksamheten 1969-1972. U.
69. Invandrarutredningen 3. Invandrarna och minoriteterna. A.
70. Invandrarutredningen 4. Bilagor. A.
71. Om antagning till högskolan. U.
72. Energiforskning. Program för forskning och utveckling. I.



# Statens offentliga utredningar 1974

## Systematisk förteckning

### Justitiedepartementet

Förenklad konkurs m. m. [6]  
Fri sterilisering. [25]  
Mindre brott. [27]  
Räntelag. [28]  
Unga lagöverträdare V. [31]  
Mut- och bestickningsansvaret. [37]  
Utsökningsrätt XIII. [55]

### Försvarsdepartementet

Befordringsförfarandet inom krigsmakten. [46]  
Krigsmaktens förvaltningsutbildningsutredning. 1. Utbildning i förvaltning inom försvaret. Del. 1. [51]  
2. Utbildning i förvaltning inom försvaret. Del 2. [52]

### Socialdepartementet

Barn- och ungdomsvård. [7]  
Sänkt pensionsålder m. m. [15]  
Socialutredningen. 1. Socialvården. Mål och medel. [39]  
2. Socialvården. Mål och medel. Sammanfattning. [40]  
Barns fritid. [42]

### Kommunikationsdepartementet

Förslag till hamnlag. [24]  
Motorredskap. [26]  
Trafikbullenretredningen. 1. Trafikbullen. Del I. Vägtrafikbullen. [60]  
2. Trafikbullen. Bilagedel. [61]

### Finansdepartementet

Neutral bostadsbeskattning. [16]  
Förslag till skatteomläggning m. m. [20]  
Statsbidrag till kommunal färdtjänst, hemhjälp och familjedag-hemsverksamhet. [41]  
Samordnad traktamentsbeskattning. [45]  
Bevisningslag för skatte- och avgiftsprocessen. [49]

### Utbildningsdepartementet

Boken. Litteraturutredningens huvudbetänkande. [5]  
Samhälle och trossamfund. Sammanställning av remissyttranden över betänkanden av 1968 års beredning om stat och kyrka. [9]  
Högskoleutbildning. Läkarutbildning för sjuksköterskor. [19]  
Reklam V. Information i reklamen. [23]  
Att översätta Gamla testamentet. [33]  
Skolan, staten och kommunerna. [36]  
Utställningar. [43]  
Skolans inre arbete. 1. Skolans arbetsmiljö. [53] 2. Skolans arbetsmiljö. Bilagor. [58]  
Vidgad vuxenutbildning. [54]  
Sexual- och samlevnadsundervisning. [59]  
Studiestöd åt vuxna. [62]  
1968 års kyrkohandbokskommitté. 1. Svenska kyrkans gudstjänst. Huvudgudstjänster och övriga gudstjänster. Band 1. Gudstjänstordning m. m. [66] 2. Svenska kyrkans gudstjänst. Huvudgudstjänster och övriga gudstjänster. Bilaga 1. Gudstjänst i dag. Liturgiska utvecklingslinjer. [67] 3. Svenska kyrkans gudstjänst. Huvudgudstjänster och övriga gudstjänster. Bilaga 2. Den liturgiska försöksverksamheten 1969-1972. [68]  
Om antagning till högskolan. [71]

### Jordbruksdepartementet

Jordbruk i samverkan [30]  
Spridning av kemiska medel. [35]  
Effekter av förpackningsavgiften. [44]

### Handelsdepartementet

Internationellt patentsamarbete I. [63]

### Arbetsmarknadsdepartementet

Expertgruppen för regional utredningsverksamhet. 1. Orter i regional samverkan. [1] 2. Ortsbundna levnadsvillkor. [2] 3. Produktionskostnader och regionala produktionssystem. [3] 4. Regionala prognoser i planeringens tjänst. [4]  
Rättegången i arbetstvister. [8]  
Att utvärdera arbetsmarknadspolitik. [29]  
Invandrarutredningen. 1. Invandrarutredningen 3. Invandrarna och minoriteterna. [69] 2. Invandrarutredningen 4. Bilagor. [70]

### Bostadsdepartementet

Boende- och bostadsfinansieringsutredningarna. 1. Solidarisk bostadspolitik. [17] 2. Solidarisk bostadspolitik. Bilagor. [18] 3. Solidarisk bostadspolitik. Följdfrågor. [32] 4. Lägenhetsreserv. [57]  
Markanvändning och byggande. [21]  
Vattenkraft och miljö. [22]

### Industridepartementet

Data och näringspolitik. [10]  
Industristrukturutredningen. 1. Svensk industri. Delrapport 1. [11] 2. Svensk industri. Delrapport 2. [12] 3. Svensk industri. Delrapport 3. [13] 4. Svensk industri. Delrapport 4. [14]  
Grafisk industri i omvandling. [34]  
FFV. Förenade fabriksverken. [38]  
Installationsbranchutredningen. 1. Installationssektorn. [47] 2. Installationssektorn. Bilagor. [48]  
Närförliggande av kärnkraftverk. [56]  
Energiprognosutredningen. 1. Energi 1985, 2000. [64] 2. Energi 1985, 2000. Bilaga. [65]  
Energiprogramkommittén. 1. Energiforskning. Program för forskning och utveckling. [72]

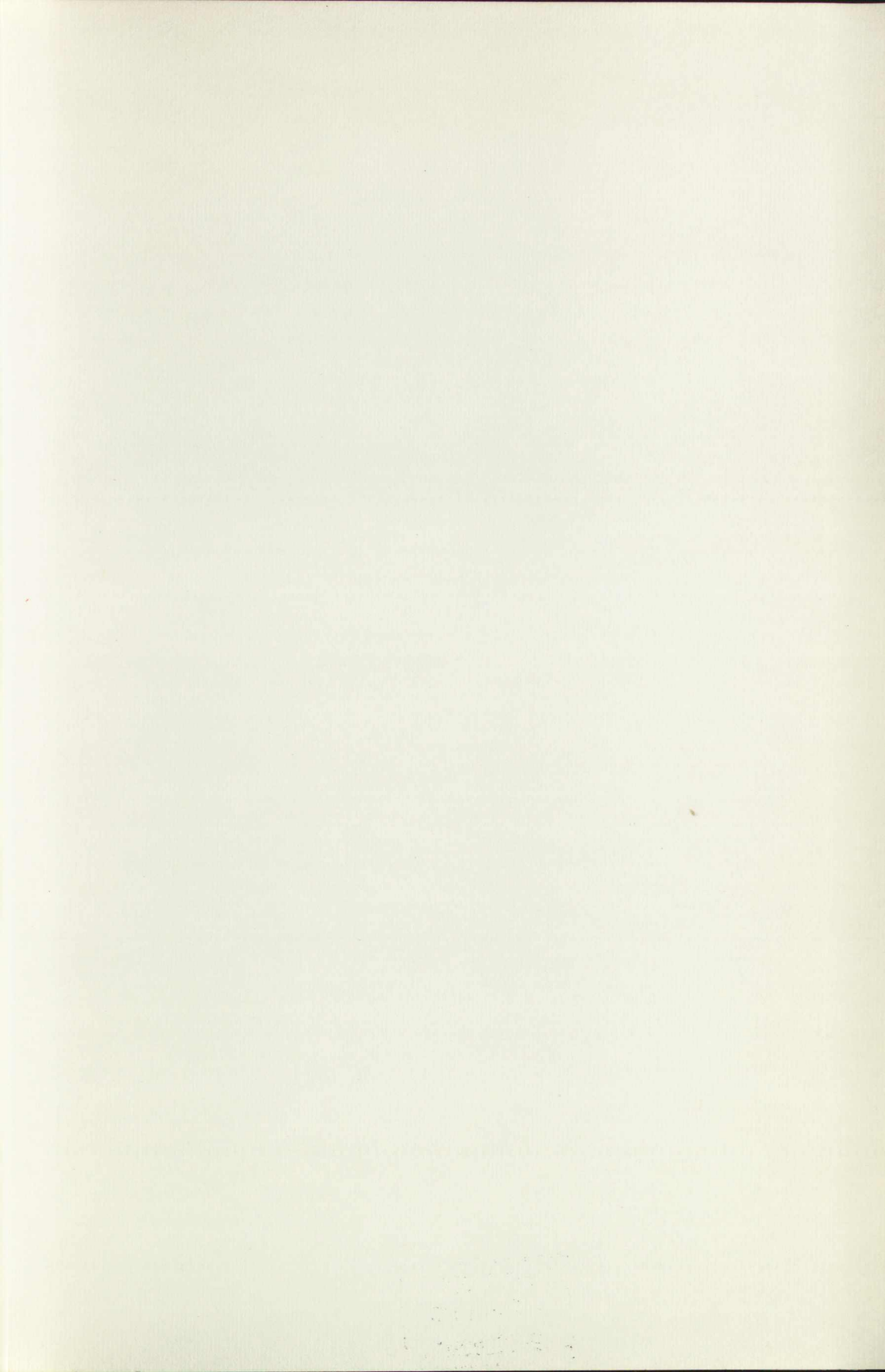
### Kommundepartementet

Information och medverkan i kommunal planering. Rapport. [50]

Kronologisk förteckning

1. Sverigefinnarna och deras organisationer
2. Naturorienterande ämnen i grundskolan i Norden, årskurserna 1-6
3. Förslag till Nordisk tentamensgyldighet
4. Grunnskolan i Norden
5. Specialundervisning i Norden
6. Færøylene i Norden
7. Högre utbildning av sykepleiere
8. Äldres integration i samhället
9. Kontrollpolitik och narkotika

KUNGL. BIBL.  
22 OKT 1974  
STOCKHOLM







**LiberFörlag**  
Allmänna Förlaget

ISBN 91-38-02077-7